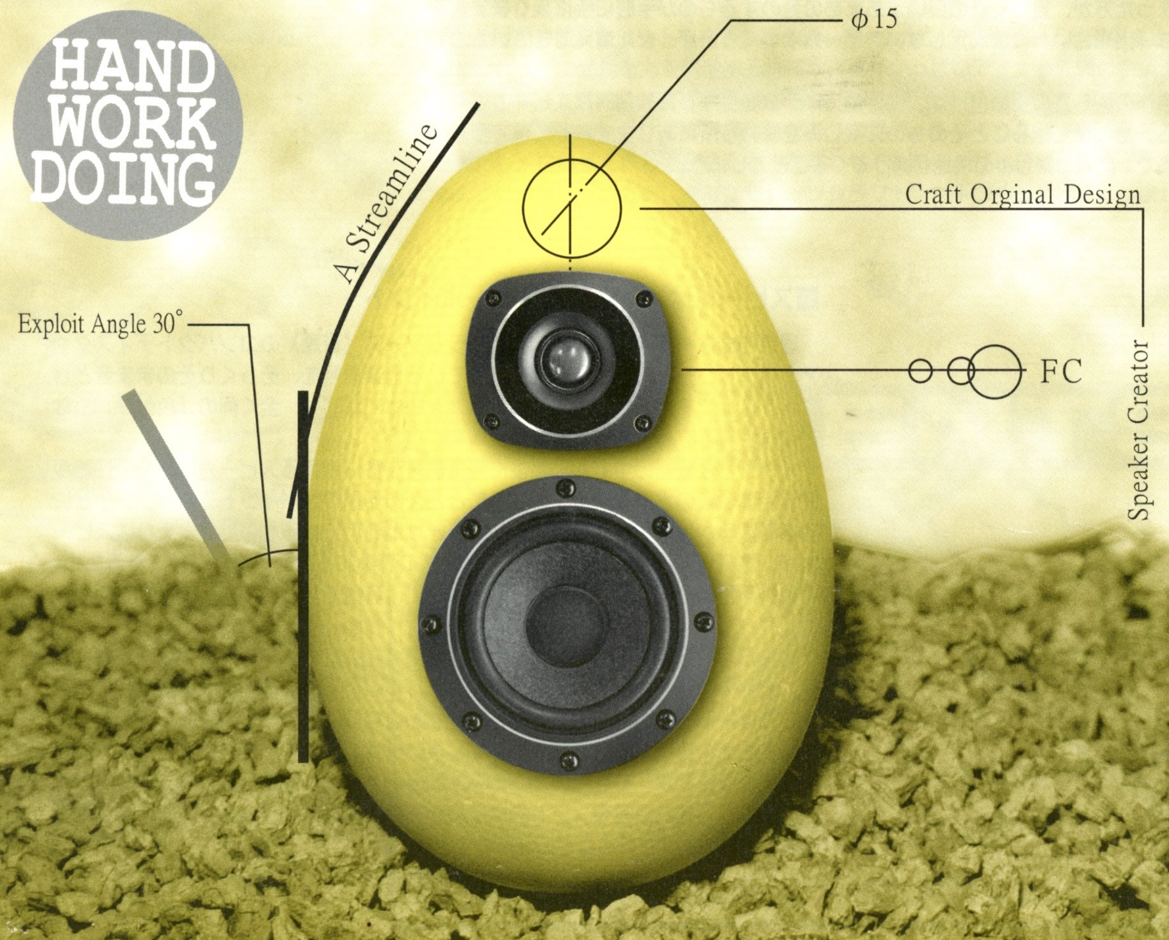
FOSTEX

CRAFT HAND BOOK

SPEAKER CRAFT MANUAL VOL.1

HAND WORK DOING



Let's Craft

手づくりしよう、スピーカ

HAND WORK DOING

■作る楽しさ、わけてあげます

世の中最近は「手づくり」ブームで、手芸、工芸、ペーパークラフト、DIY。クラフトショップやホームセンターはたくさんのお客で大にぎわいです。個性化とファション化時代の流れの中、自分だけのonly oneを求める欲求は強く、それにつれて「手づくり」もヤングの日常に着実に根づいてきました。

オーディオの世界においても「手づくり」回帰の傾向は見られ、スピーカづくりをしてみよう、という人がまた増えはじめてきました。ひと昔以前と異なり、オーディオの中で自作が十分に楽しめるものはスピーカだけしかなく、すっかり大衆化し生活の必需品となり、没個性化気味のオーディオ機器に飽き足りない人達が、唯一残った手づくりの可能性を求めて戻ってきていると言えます。手づくりの場合CPは決して高いとは言えず、ただ安いだけなら出来合いのスピーカシステムを買ってしまった方が、見てくれの良いまあまあの音のするものが手軽に手に入ります。そんな「出来合い」には満足しないスピーカ手づくり派が、また増えてきているのです。

自作の楽しさの極め付けは、自分のアイデアを生かした独創的なスピーカづくりをし、あわせて作ることそのものに楽しみを味わう所にあります。そこまで至れば最高で、無限の楽しみの境地が開けてくることでしょう。

■スピーカはオーディオのキーポイント

理想的なオーディオ機器は、プログラムソース（音源）のコンパクトディスクやアナログレコード、テープなどに入っている音楽信号を、そっくりそのまま音として出すことです。しかし今日の技術水準をもってしても、全く何の「色付け」もなしに再生することは、まだ困難です。

オーディオ機器の中でも、最後に電気信号を音に換えるスピーカは、その性能が機器全体の音の水準を決めてしまうことさえある重要なポイントで、アンプなどに較べてはるかに音質の差が大きく、はっきりと判別できるものです。それはスピーカが、電気信号→機械信号→音波と３段階に変換する電気音響変換器であるため、使われる材料や設計上の微妙な違いによって、音質や性能が大きく変化するためです。

いくら高性能なアンプやCDプレーヤを使っていても、スピーカの能力が低ければ、全体の音質も低い水準に止まってしまうでしょう。また、個性の強すぎるスピーカでは常に「色付け」された音を聴くことになり、せっかくの優れた録音の音楽ソフトもその真価がわからなくなってしまいます。従って、良い性能と音質のスピーカを使うことが、あなたのオーディオ装置のトータルなレベルアップにつながることになり、優れた音楽ソフトの中に秘められた音楽性やプレゼンスが、あなたの部屋で存分に展開されることになるのです。

■だれでも作れる、良い音のスピーカ

スピーカづくりといっても、初めてチャレンジする人はどうすれば良い音が失敗なく作れるか、よくわからないものです。また、一発で失敗せずに成功させたいのはだれでも考えることでしょう。それはそんなに難しいことでもありません。要は正しく設計された箱（エンクロージャ）を良質な材料できちんと作れば良いのです。

「設計なんてできない…」「めんどくさいな…」と言う人はオンブにダッコしてしまえば簡単。内容積やダクトの寸法、ネットワーク回路は、理屈抜きで指定値を守ってしまえば済むことです。板を切ったり削ったりすることも省きたい、と言う人は箱のキットを利用する手があります。

メーカーの設計にお世話にならなければ、長岡鉄男先生や井上良治先生の製作例をそっくり頂戴すると、個性溢れる高性能なスピーカを失敗なしの大成功で作れるでしょう。

何回か作って経験を重ね、理屈も結構解ったら、自分のアイデア自分のデザインで設計してみましょう。その時は失敗も恐れずに、大胆に発想を具体化して下さい。時には常識やセオリーから離れて遊んで見ることも必要です。箱の材料でも、自作ならば何にでもチャレンジOKで、メーカーならとてもつかいそうも無いものに手を出すのが、アマチュアの素晴らしさでしょう。

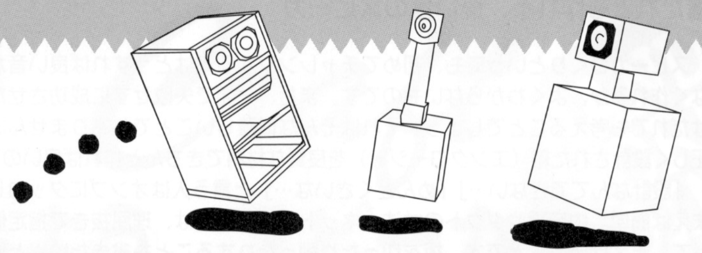
■仕上げにはこだわろう

自分で設計しなくても、外観の仕上げには懲りたいものです。工作好きなら丹念に磨いて塗装するもよし、木目仕上げだってできます。インテリアにうるさければ色彩豊かな壁紙利用のシートを貼り、グッチ調やエルメス調も佳いものです。音一筋ならば鉛や銅のシートを張り込むと、音質とルックス共にグレードアップさせることになります。

仕上げ用の塗料やシートも今や多種多彩、ホームセンターやインテリアショップ、DIYショップには創造力を刺激する材料や道具がいっぱいです。最先端の宇宙素材チタンのシートですら、街で好きなだけ買える時代です。

いずれにせよオーディオの世界はこだわりの世界。手づくりスピーカはこだわりを満たし、合わせて作る面白さ楽しさを味わせてくれる、リッチでクリエイティブな遊びの世界です。さあ、あなたもレッツクラフト！、手づくりスピーカしましょう。

CONTENTS



だれでもわかる
スピーカユニットの選び方とシステムのまとめ

新しいオーディオ機器を初めて音出しするときは、期待に胸膨らみ緊張感が高まるものです。それが自分で作ったもであればなお一層のことで、音も一段と良く聴えることでしょう。スピーカシステムの自作に際してこの様なことの経験を何度もした人も、これから経験するという人もあるでしょう。

ここでは、自作をするための予備知識としての、スピーカユニットの種類とシステムへのまとめ方、カタログデータの読み方を解説してみましょう。

■スピーカユニットとシステムのまとめ方

スピーカシステムとは、**第1図**に示す通り、フルレンジ又はウーハーと、スコーカ、そしてツィータの各ユニットと、ネットワーク、エンクロージャが合体して全体的な音づくりがされているもです。

その音づくりを大きく分けると、フルレンジを中心としたシングルウェイ・システムと、複数個のスピーカユニットを利用したマルチウェイ・システムに分けられます。

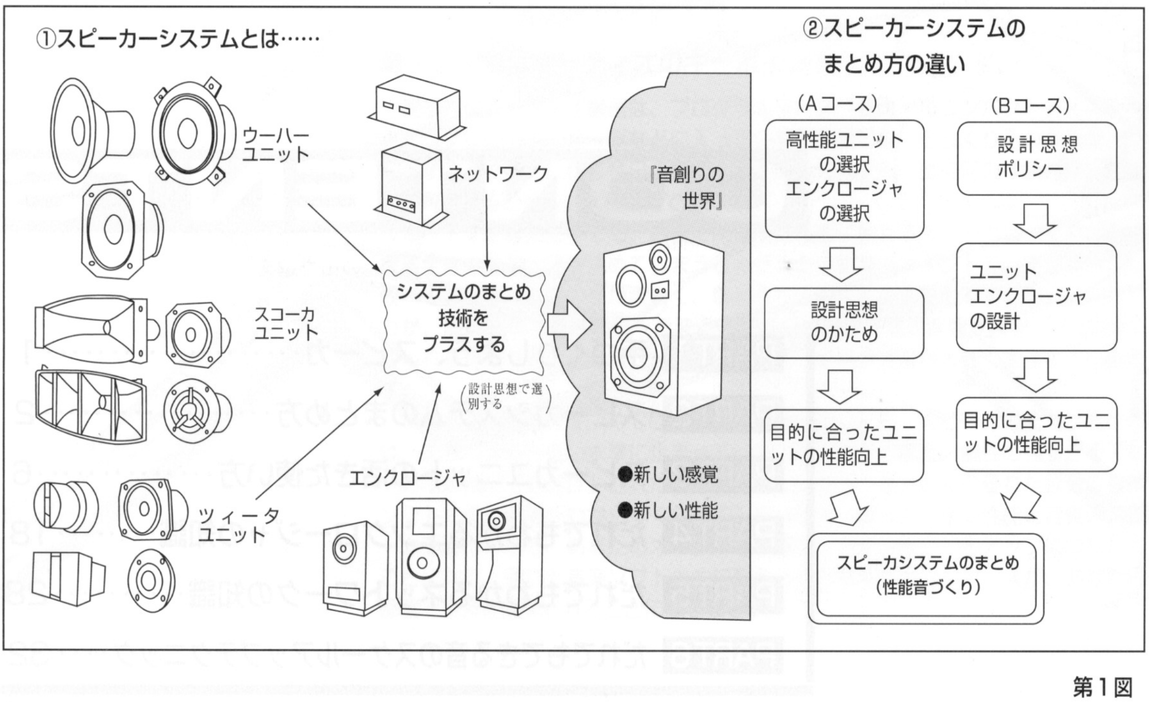
(1) シングルウェイ・システム

フルレンジユニットを利用すれば、1本で低音から高音までカバーするので、ユニットをエンクロージャに取付けるだけでよく、極めて簡単です。この意味では初心者向きといえるのですが、マルチウェイをいろいろ経験したうえで、シングル（フルレンジ）党になる人もあります。

シングルウェイのメリットは何と言っても音像定位のよいこと、ネットワーク素子を介さずアンプと直結となるため、ダンピングの劣化やユニット間の音のつながり、位相ズレの問題を気にしないですむことです。

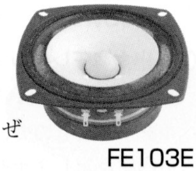
反面、一本のスピーカで広い帯域をカバーするので、高音や低音に不満を感じたり、混変調歪が問題になることもあります。しかし歴代の銘機も多く、先にあげたメリットを生かした音の良いスピーカが数多く発売されています。

シングルウェイシステムは良いフルレンジを選ぶことで



第1図

音質が決定されます。この場合のフルレンジユニットは、グレードアップの原点であり、マルチウェイ・システムでの基準スピーカにもなり、ぜひ1台持っておきたいシステムです。


FE103E

(2) マルチウェイ・システム

使用する周波数帯域に関しては、特性・音質ともにすぐれた専用帯域ユニットを組合せて、よりグレードの高い再生音を得ようとするのが、マルチウェイ・システムのねらいです。

この場合は各専用帯域スピーカに、アンプからの電気信号を振り分けてやるネットワークが必要になり、音づくりの決め手の一つになります。

特にマルチウェイでは、クロスオーバ周波数付近での音のつながりをうまく処理するのが、ポイントとなります。この問題を簡潔に処理するには、4ウェイより3ウェイ、3ウェイより2ウェイと簡素化することで、初心者が挑戦する時でも成功しやすいものです。

スピーカユニットの選び方

スピーカユニット選びの基本となるカタログデータの読み方から解説をしましょう。

(1) 出力音圧周波数特性

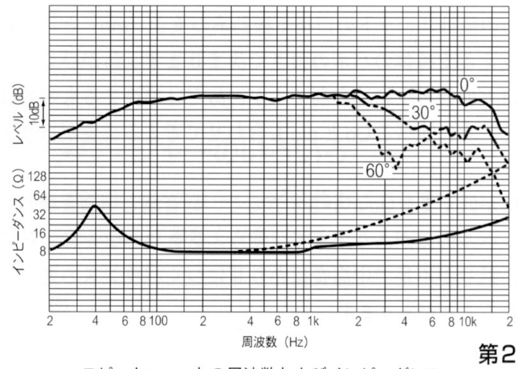
第2図を用いて説明します。たいていの場合カタログに示されている周波数特性は、無響室内において内容積が650*l*という大きなJIS箱に取りつけて測定されたデータです。

図は20cmフルレンジユニットの特性で、500Hzくらいまでの比較的なだらかなカーブを示していますが、ここまでがピストンモーション領域と言われる帯域で、300Hzを中心とした数ポイントの平均レベルで出力音圧レベルをあらわします。

コーン形のユニットの場合口径が大きくなれば出力音圧レベルは高くなるのが一般的ですが、意識的に能率を下げた設計のユニットもあり、口径と能率がエンクロージャを決めるポイントのひとつになります。


FW108N

このピストンモーション領域から上の周波数帯域が分割振動領域と言われ、音質に大きな影響を持つ部分です。この特性は比較的平坦でフラットな特性を示していますが、フルレンジユニットではこの帯域が周波数に比例して音圧が持ち上がるもの、逆にダラ下がりになるものもあり、前者は高音が強調された明るくはなやかな音質、後者は落ち着いたおとなしい音質になる傾向があります。とくに5kHz～10kHzのピークやデップは、音質を決める大きなポイントです。



第2図

スピーカユニットの周波数およびインピーダンス特性例

(2) 指向特性

第2図で見ると、30°、60°の指向性は1.5kHz付近から落ち始め、4kHz付近から落ち方が変わっています。これは金属製のドームラジエータが効いているためで、音色を微妙に変化させています。

マルチウェイ・システムを作る時は、30°の指向性が3dB落ちの周波数（fr）までの帯域を使うのが良いとされています。指向特性は口径（実効振動半径a）に反比例しますので、口径が大きくなると低い周波数から影響がでてきます。

frは次の式で求めることが出来ます。

$$fr=17{,}000/a\ (Hz) \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

（3）電気インピーダンス特性

スピーカユニットのインピーダンスは、図に示す通り周波数によって変化し、低域のピークを最低共振周波数(fo)と言います。そのfoの山を越えてもっとも下がった点のインピーダンスが規格上に示されている公称インピーダンスで、8Ωとか16Ωなどと表示されています。周波数が高くなるとインピーダンスは再び上昇しますが、これはボイスコイルの大きさや巻数、磁気回路などでその上昇のしかたが異なります。普通はユニットの口径が大きくなれば、ボイスコイルのインダクタンス分が上昇します。

2ウェイなどのマルチウェイ・システムを作る時は、ネットワーク回路の設計において、この影響を考慮する必要があります。



FW800N

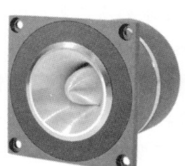
(4) 最低共振周波数

foの値はユニットの口径や振動系の重さ（mo）と、それを支える支持体のバネの強さで決まります。foがひくいものほど低音再生には有利ですが、foだけで決まるものではなく、次に述べるQoとmoも合わせて考える必要があります。

foが低くてもQoが小さすぎると、低音域と中高音域の音圧レベルの差がありすぎて、使うエンクロージャによっては、低音が不足で中高音ばかり耳につくバランスの悪い音になることがあります。

(5) 等価的なQ(Qo)

Qoはスピーカユニットの低音特性を決めるファクターですが、moとそれを駆動させる力（磁気回路の磁束密度）やfoで決まります。Qoの小さいユニットほどダンピングの良いユニットと言えますが、あまりQoが小さすぎてもオーバーダンピングとなり、低音の不足な音質となりますので、そのようなユニットはホーン・ロードをかけるなど使い方を工夫する必要が出てきます。
Qoの値によって適するエンクロージャ方式を**第１表**に示します。



FT66H

(6) 出力音圧レベル（SPL）（能率）

SPLは無響室においてユニットから1m/1w入力の音圧レベルを示したもので、口径がおおきものほど音圧レベルが高い傾向を示しますが、市販されている家庭用のスピーカシステムの出力音圧レベルは、90dB前後のものが多くなっています。



FT48D

SPLがどの程度のものを選ぶか決めたい時は、普段どの位の音量で聴くのか、音楽を聴く時のスピーカシステムとの距離、使用するアンプのパワーなどを考え合わせて選びます。

普通家庭内で音楽を聴く時の音圧レベルは、80～85dB程度が平均的な音圧レベルであると思われます。例えば、90dBの音圧で聴きたいとすると、4mの位置で12dB音圧が落ちますから、90－12=78dBとなり、85dBに対して7dB不足です。この7dBを上げるために必要なアンプのパワーは5Wですから、使うスピーカが90dBの能率があれば十分という事になります。

距離と音圧レベルの関係が２倍になれば6dB音圧が下がり、3dB音圧を上げるためには２倍の入力パワーが必要になります。距離と音圧の関係を**第２表**に示します。

マルチウェイのシステムを作るためには、低音用のユニットに対して高音用のユニットは能率の高いものを選ぶのが普通ですが、その差も10dB以内となるものを使った方が良いでしょう。

この能率の差は、スピーカユニットへの入力の差になってきますので、特に能率の低いユニットは耐入力が大きくないと大きな音圧レベルが得られなくなります。

低音用と高音用のユニットの能率の差が3dBあれば、高音用のユニットの入力は半分で良いことになり、6dBの差があれば1/4の入力で良いことになります。低音用のユニ

〈第１表〉

エンクロージャ形式	形式に適合するユニットのQoの値 (0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0)	
平面バッフル形 後面開放型	0.2～1.0	fo低い（フラフラ形）ものはコーンの振幅オーバーとなり不向きです。
密閉形	0.2～1.0	moの小さいものや、Qoの高いものは箱が大型になります。
小型密閉形 （エアサスペンション形	0.2～0.7	moが大きくfoの特に低いものに向きます。
位相反転形 ドローンコーン形	0.2～0.6	Qoが0.3～0.6のものが特に向きます。
フロントロードホーン形 バックロードホーン形	0.2～0.4	mo、Qoが共に小さいものに向きます。

ットに40Wのユニットを加える必要がある時は、それぞれ20W、10Wの入力で良いこととなりますので、高音用のユニットの能率については、ウーハーとの関係を見て選ぶ必要があります。

FW305



距離(m)	減衰量(dB)
1.0	0
1.0	3.5
2.0	6.0
2.5	8.0
3.0	9.5
3.5	10.9
4.0	12.0
4.5	13.1
5.0	14.0
10	20.0
15	23.5
20	26.0
25	28.0
30	29.5

上昇音圧(dB)	入力 (W)
1.0	1.3
2.0	1.6
3.0	2.0
4.0	2.5
5.0	3.2
6.0	4.0
7.0	5.0
8.0	6.3
9.0	7.9
10.0	10.0
15.0	31.6
20.0	100.0
25.0	316.2
30.0	1,000

〈第2表〉距離と入力電力による音圧レベルの変化

(7) 耐入力(許容入力)

耐入力は各社表示の方法が必ずしも同じではありませんが、定格入力、最大入力、ミュージックパワー(Mus.)などの表示がされています。

定格入力と言うのは、JISによればスピーカを適正に作動させるために指定された入力といい、「W」で表わすとなっています。したがって、連続的に長時間使用しても問題がない入力を表したものです。

最大入力は、きわめて短時間信号を加えた場合許容される入力の最大値を表わす、となっています。また、ミュージックパワー(Mus.)の表示は音楽ソースを用いた場合の最大入力を示しています。

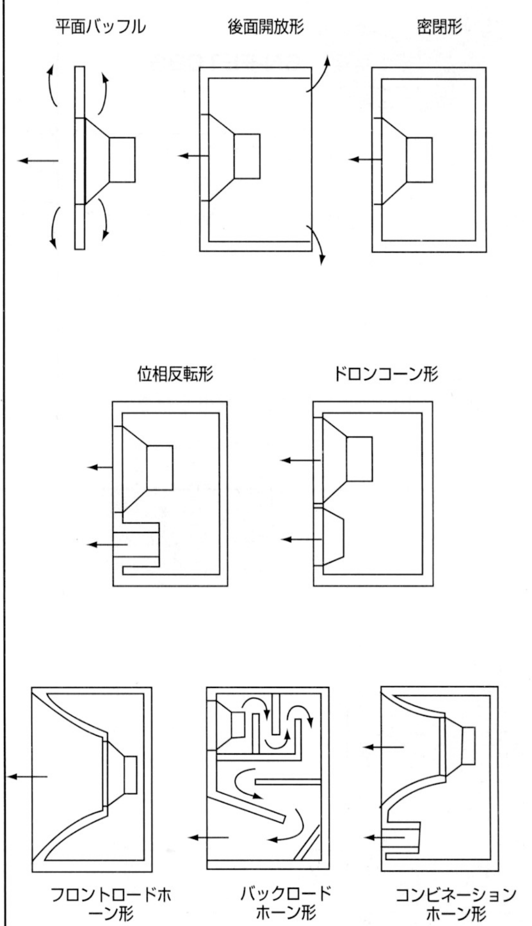
最近はハイパワーのアンプが多くなっていますので、スピーカの耐入力についてもアンプの最大出力を考え合わせて選ぶ必要もあるでしょう。

以上特性や規格面から傾向をのべてきましたが、どんな音と性能のスピーカシステムを作るかによってユニットを選ぶ必要があり、また音質の好みについては味覚と同じで、年令や性別などでそれぞれ異なります。最終的には実際に自分の耳で音楽を聴いた上で選ぶのが、最良の選び方になると思います。

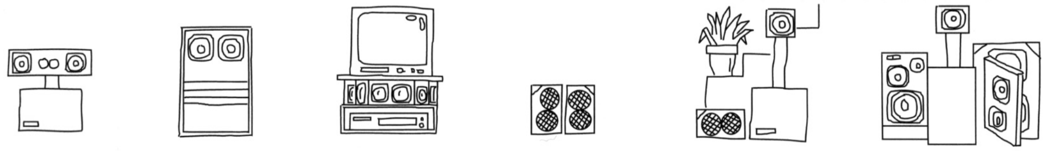
エンクロージャーのいろいろ

主な形式のエンクロージャを8種あげてきます。くわしくは18頁以降をご参照ください。

第3図



だれでもつくれるスピーカシステムのいろいろ



究極のバックロードホーン対応フルレンジユニット

FE108ES2（10cm）、FE168ES（16cm）、FE208ES（20cm）の3機種は、特大のマグネットを使用した超強力磁気回路、HP振動板、細部まで徹底した吟味を重ねた、超オーバーダンピングな特性と高精細な音質を保有するバックロードホーンに最適なフルレンジユニットです。
（この3機種は限定販売機種のため、限定販売を実施した時だけお買い求め可能です。）



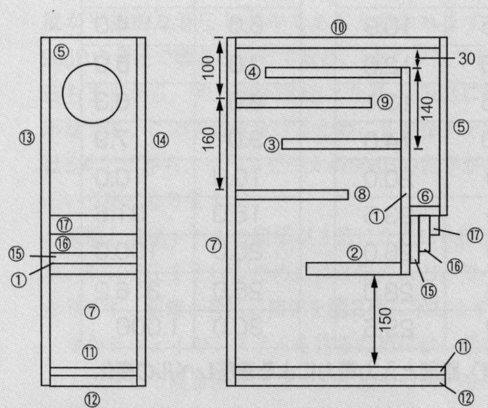
●D-10バッキー
（長岡鉄男先生設計）



6N-FE108S

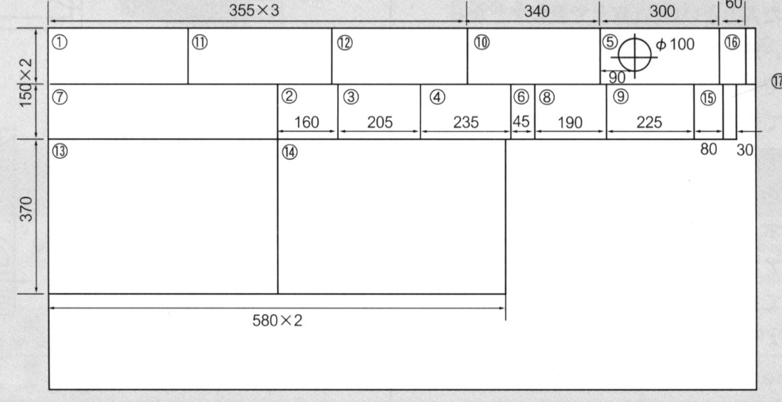
6N-FE108スーパー用に設計された、オーソドックスな形状のバックロードホーンです。
小型ながらフラットな特性とくせの無いナチュラルな音質を備え、スピーディーで快適なサウンドが楽しめます。小型ブックシェルフサイズのバックロードホーンの決定版となるでしょう。
（6N-FE108スーパーは現在製造を終了しています。FE108ES2/FE108EΣなどをご利用ください。）

構造図



●空気室（①⑤⑥で囲まれたスペース）にグラスウール、⑦から⑪にかけてフェルトを敷く

板取図

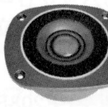


掲載：「ステレオ」97年7月号（音楽之友社）ONTOMOMOCK「長岡鉄男のオリジナル・スピーカ設計術Part II」（音楽之友社97年9月発売）

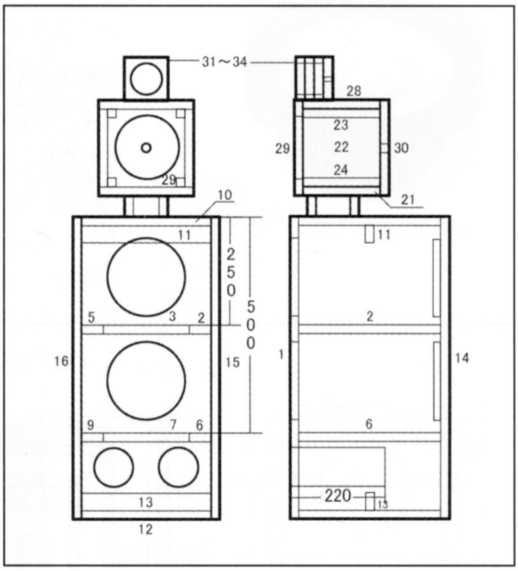
●BR-2001DT「サンダー」（炭山アキラ氏設計）

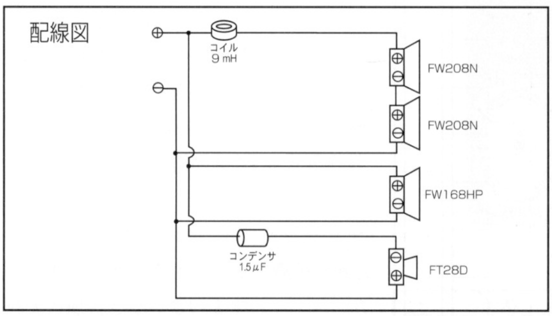

FW168HP

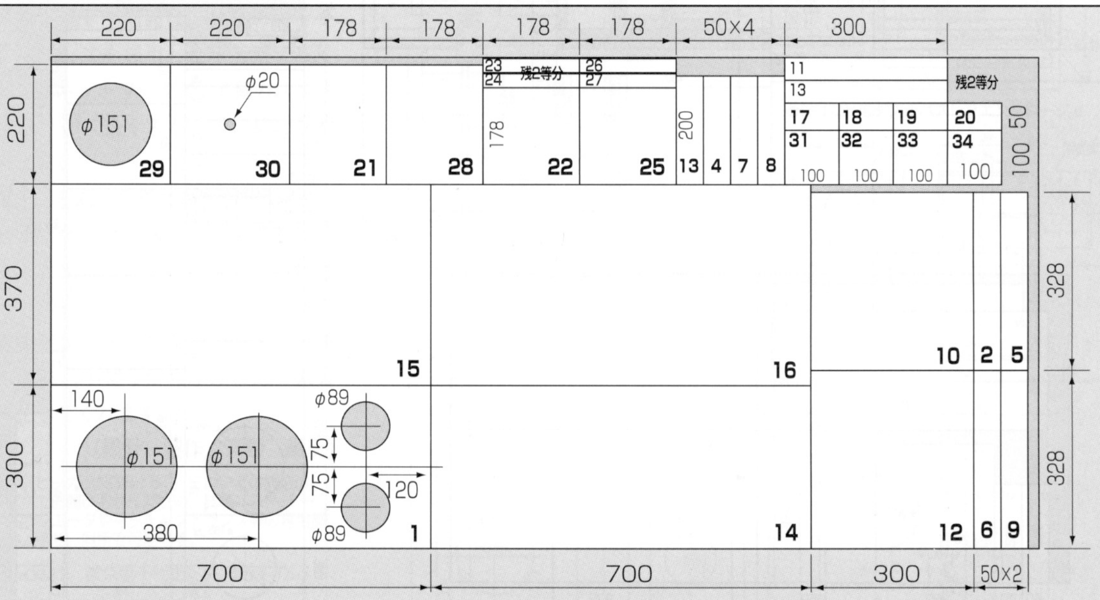

FW208N


FT28D

16cmのFW168HPをベースにサブウーハー的にFW208N×2、ツィーターにFT28Dを使った本格的3way。音像の緻密さ、濃厚さをそして大地を踏みしめたような安定感が身上。貴族的な品位をもちながらグイグイと力強く音楽を描き出します。詳しくは**（株）共同通信社、“オーディオ・ベーシックvol24”**を参照ください。



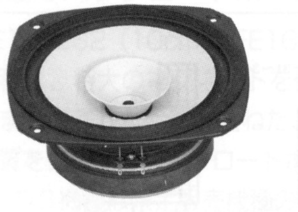




21mmMDF　サブロク×2枚

掲載：オーデイオベーシックvol24（（株）共同通信社）

●FE-ESeries

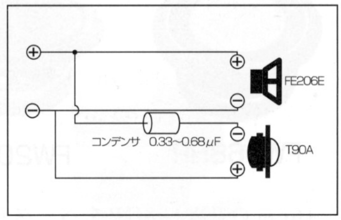


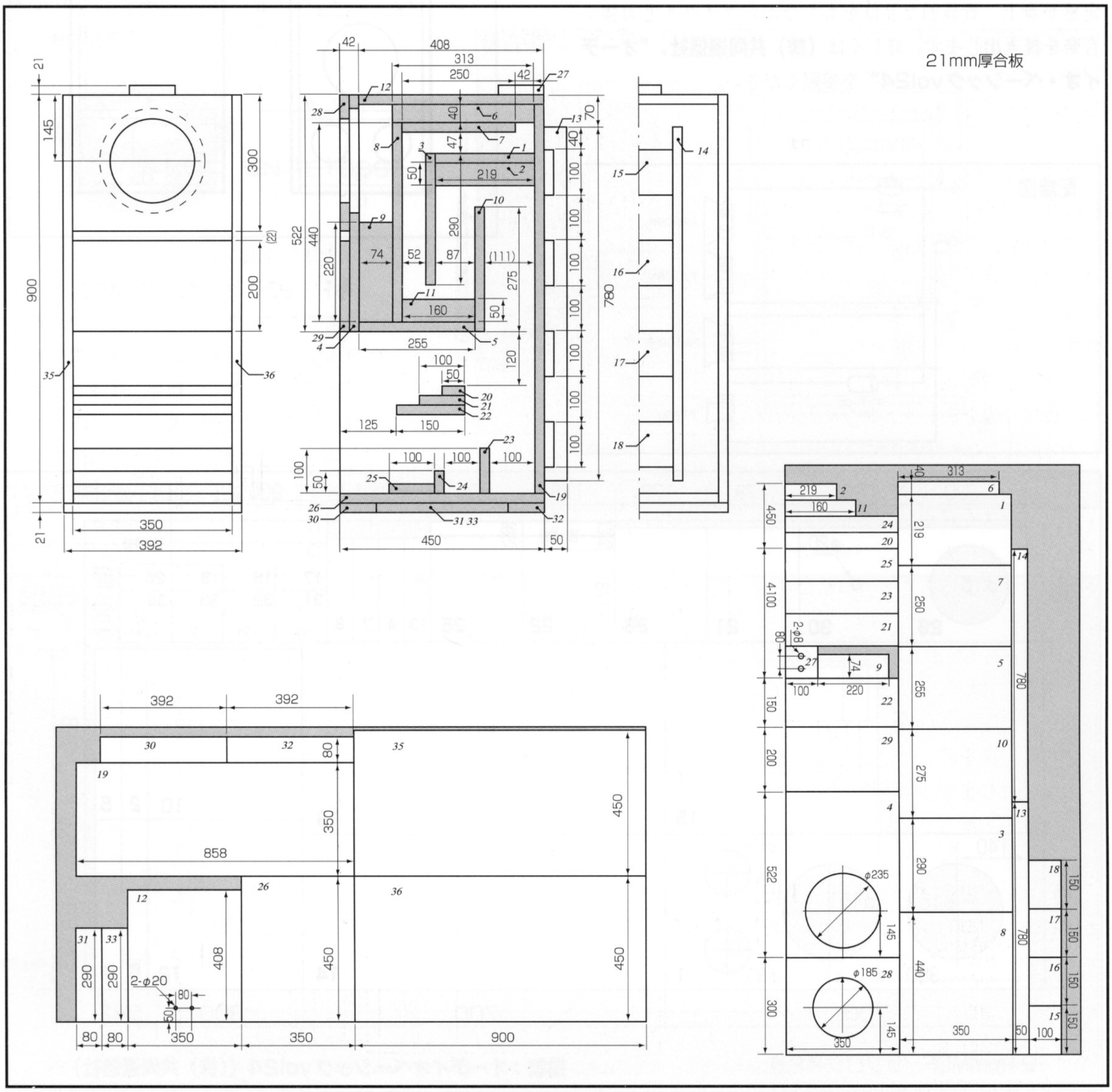
FE206E

本書25～27頁の基本設計手法によって、オーソドックスなホーン設計を心がけた20cnの1個用のバックロードホーンです。直角合わせだけで組立られ、部材は定尺（910×1,820mm）合板2から1台分切り出します。

ユニットはFE206EやFE208EΣなどが適合します。

高域補正にツィーターをコンデンサー1個だけで接続して使うことも可能です。





●New FF Series

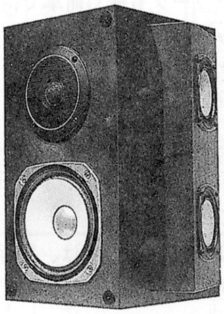
FFシリーズの最新バージョンは、「ケナフ」と「バイオ」

森林資源を消耗させない非木材原料「ケナフ」の繊維と、先端技術が生み出した「バイオセルロース」繊維を配合して、FFシリーズの新しいコーン紙が誕生しました。

ボーカル帯域の表現力に優れ、ナチュラルで聴き疲れのしない音質の「ケナフ」と、極めて滑らかな高音を再生できる「バイオセルロース」の音質を融合させた新FFサウンドは、ジャズ、ロックからポップス・クラシックまで幅広い音楽に対応して、リアルで解像度が高く情報量の豊かな音づくりが可能です。

●FF165K＋FT48D＋FE103E ×4音場型スピーカ

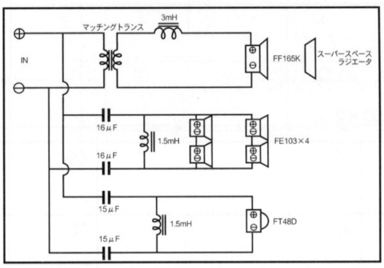
正面にFF165Kとドームツィータ FT48Dを配置し、角度の付いた両サイドに片側2個ずつFE103Eを取り付け、リアにスーパーベースラジエーターをマウントした、独創的なNDR方式の音場スピーカです。



注：写真のツィータはFT57Dです。

ユニットの配置は、エンクロージャの中央に音軸を集中させる「縦型同軸」形式の配列となっています。

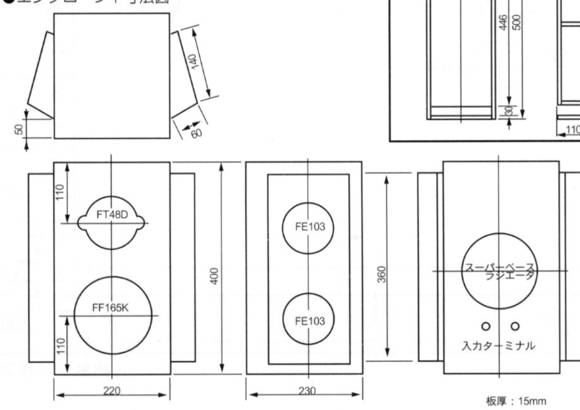
ネットワーク回路は、独自のマッチングトランスを採用した平衡型デバイディングネットワークで、6個のユニットをバランス良くスムーズに結合させています。



上下・左右・前後と3次元的に見事に拡がる立体音場、スピーカを離れてしっかりと定位するボーカル、楽器はスピーカの存在を感じさせぬ自然なパターンで定位します。楽器の質感の表現にも優れ、小型ながら厚みのある低音を再生してくれます。

（設計・製作：河野　康氏）

●エンクロージャ寸法図



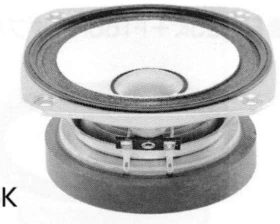
＊このスピーカ（NDR-167）についての詳細は、下記までお問い合せください。試聴、スーパーベースラジエータやマッチングトランス等の専用部品の入手も、同所で可能です。

〒101-0021　東京都千代田区外神田1-15-16

株式会社光陽電気　河野 康様

TEL03-3251-0323(代)FAX03-3255-8093

●FF125Kシングルスピーカ

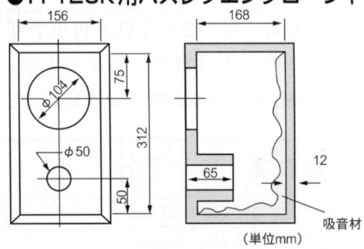


FF125K

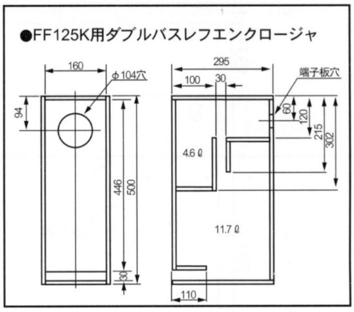
12cmとしては最大のϕ100マグネットを持つFF125Kは、バランスのとれた特性で92dB/Wと感度が高く、ステレオ・ラジカセの外部スピーカやミニコンポのセカンドスピーカなど、様々な使い道があります。

外面の仕上げには、しゃれた模様の塩ビシート貼りが、簡単で楽しいものです。FF125K1本で、できるだけ低音まで欲張りたいのなら、ダブルバスレフにしましょう。

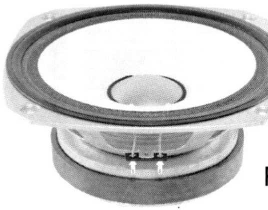
●FF125K用バスレフエンクロージャ



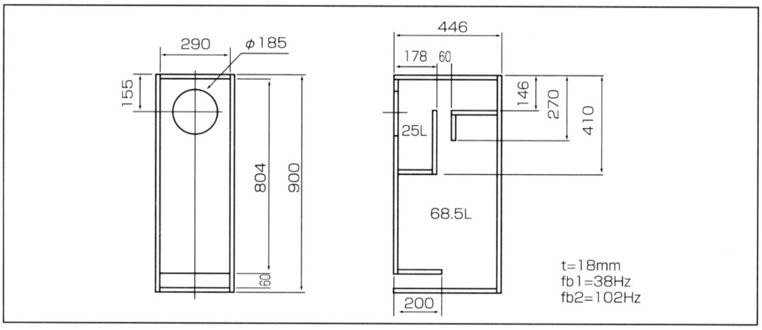
●FF125K用ダブルバスレフエンクロージャ



●FF225K＋FT66H＋ダブルバスレフ

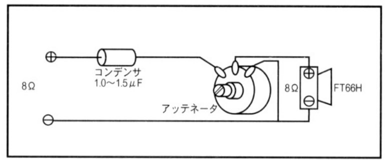


FF225K



20cmのFF225Kを、マイルドで量感たっぷりな低音のダブルバスレフ方式で使い、ホーンツィータFT66Hを付加して、ワイドレンジで切れ味の良いサウンドをねらってみました。

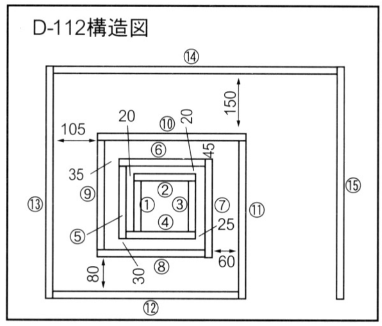
ネットワークも極く簡単で、ツィータはバッフル板に取付けても、箱の上に乗せても使えます。

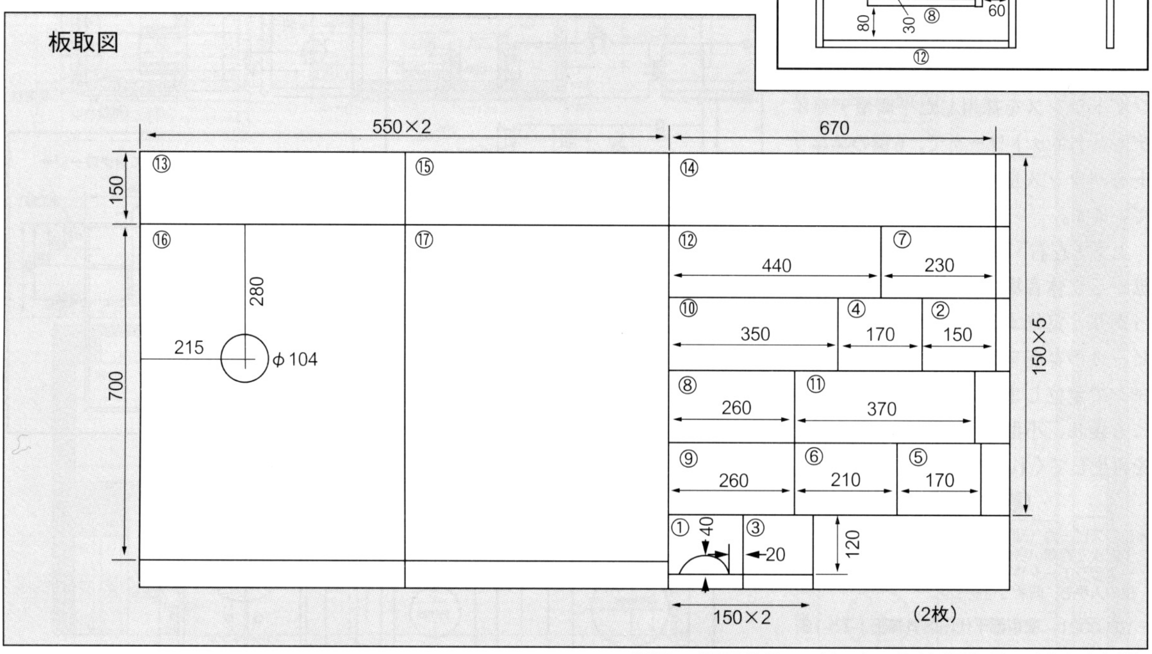


●D-112スパイラルホーン（FF125K）

長岡鉄男先生ご設計のスパイラルホーンD-112は、10〜12cmクラスのユニットでも驚く程の豊かな低音再生が可能です。作り方は割合に簡単ですが、材料は15mmの合板がサブロク定尺で2枚必要。D-112には、FE103EやFE108EΣも使えます。

作り方などについては、単行本「長岡鉄男のスピーカ工作全図面集②」（音楽之友社）をご覧ください。





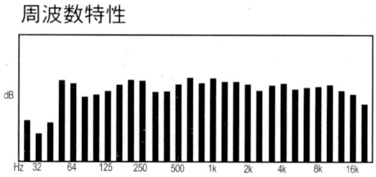
・掲載：「長岡鉄男のスピーカ工作全図面集②」（音楽之友社）

●FE87E＋ダブルバスレフ

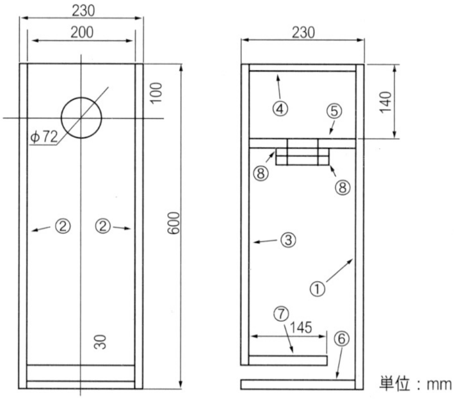
当社で最も小型のAV対応フルレンジユニットFE87Eを使い、トールボーイスタイルに設計したダブルバスレフ型システムです。「AV対応スピーカシステム」の場合、低音の量感が十分に出せることが、迫力のあるAV再生になるかどうかのポイントになります。8cmのユニットでどこまで低音の再生が出来るか、fo（最低共振周波数）の1/2の周波数まで、伸ばすことにチャレンジしてみました。

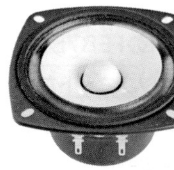
結果は周波数特性にもはっきりと示されるように、50Hzまで十分なレベルで、16～20cmユニットにも匹敵する低音が再生できました。テレビ受像機にもぴたりと接近させて使え、音場感も極めて良好、ローコストでHi・C/Pなスピーカシステムができました。大音量でがんがん鳴らすのは少々無理ですが、小音量でもクリアーで量感のある音質は、普通の大型スピーカシステムを凌いでいるでしょう。

周波数特性

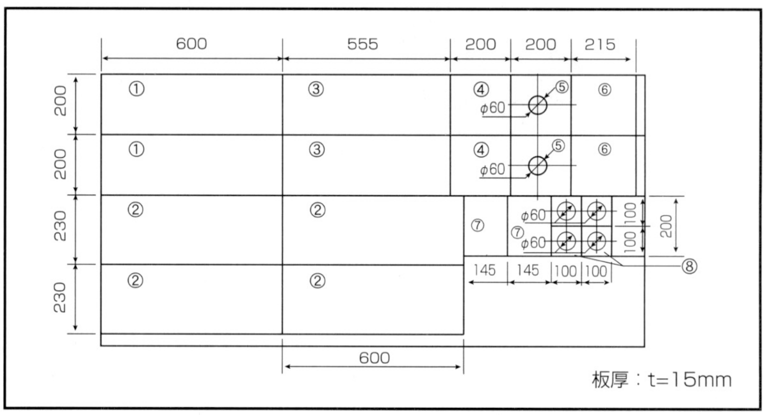


エンクロージャ寸法図





FE87E



●FE-AV Series

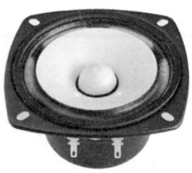
真のAVサラウンドづくりは、AV対応フルレンジの本領だ

カラー受像機は外部から磁気に影響されやすく、極く弱い磁界でも色ズレやムラが発生し、せっかくの良い画像がだいなしになります。一方、性能の良いスピーカは大型のマグネットを使用しており、磁気漏れが多いと、とてもAV用には使えません。また受像機が大型になると、スピーカのスペースファクターも重要になります。

8cmのFE87Eから20cmのFE207Eまで、5機種揃ったFE-AVシリーズフルレンジユニットなら、音と映像が一体に溶け合った、リアリティーと迫力の高いAVサウンドをつくることができるでしょう。またAVではボーカルの質やクリヤーさも重要なポイントで、FEシリーズはこの点でもその本領を発揮してくれます。

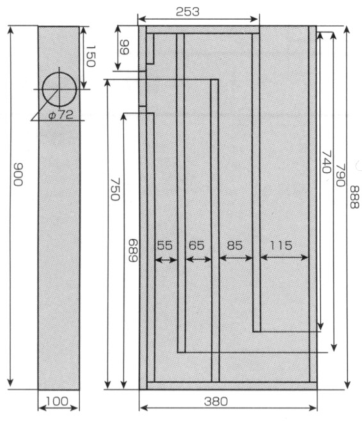
●FE87EAV対応バックロードシステム

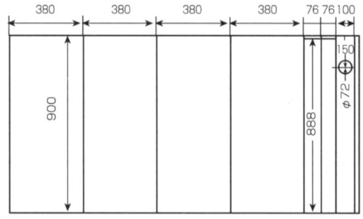
FE87E

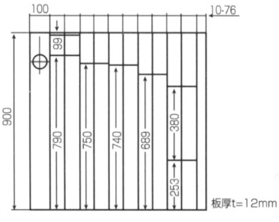


8cmのAV対応フルレンジFE87Eを、バッフル板の幅が100mmの超薄形設計のバックロードホーンにマウントしました。受像機の両サイドに各々100mm強のスペースがあれば十分。音道の長さは3m近くあるので、低音の帯域も8cmユニットとは思えぬ伸びがあります。

高さは90cmあるので、28～9インチの大型受像機でも、ユニットのポジションは適切な位置をキープできます。







●FE107E＋6ℓバスレフエンクロージャ

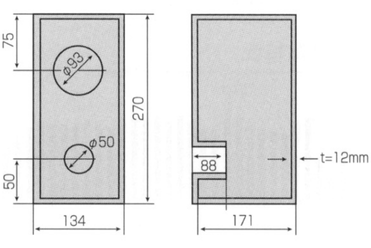
FE107E



このシリーズの最新モデルFE107E（10cm)を、6ℓのバスレフ型のエンクロージャにマウントしたものは、バランスの良い音で使い道も広く、AV用のスタンダードスピーカになります。

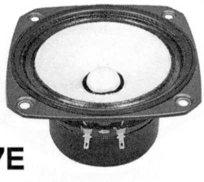
受像機の脇にぴたりとつけたり、上に乗せたり、テレビ台の中に収めたり、自在にセットできるコンパクトサイズで、音質も名器と言われるFE103Eに劣らぬグレードです。

感度が90dBと高いので、AVサラウンドのリアスピーカ用としても使いやすく、またHi-Fiコンポのサブシステムなど、様々な使い回しが可能です。



FE107 E 6 ℓ バスレフエンクロージャ

●FE127E×2　トールボーイバスレフ

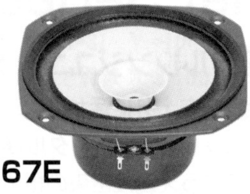


FE127E

12cmのFE127Eを2個、手ごろなサイズのトールボーイ形バスレフで使っています。ユニットの結線は、2個並列接続の4Ωとなります。

能率高くしかもハイパワーなので、大型受像機とビデオディスクを使って、ライブステージや劇場映画を大迫力で楽しみたい場合に有効です。また、ビデオカラオケ用のスピーカとしても快適に使えます。

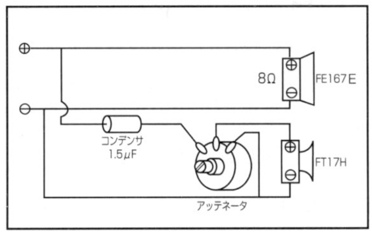
●FE167E＋FT17Hトールボーイバスレフ

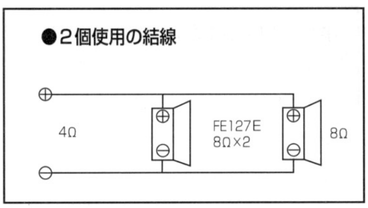


FE167E

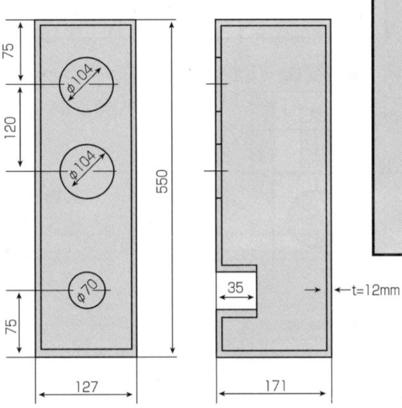
38～40インチクラスの大画面に合わせた、迫力あるAVサウンドを作りたい時に適した、16cm2ウェイシステムです。ツィータには、AV対応設計ホーン型FT17Hを使用し、クリアーなサウンドをねらいました。

エンクロージャはスペースファクターを最大限に考慮した、20cm角柱形のバスレフタイプです。高さは90cmあり、大画面とマッチしたユニットポジションを確保することができます。

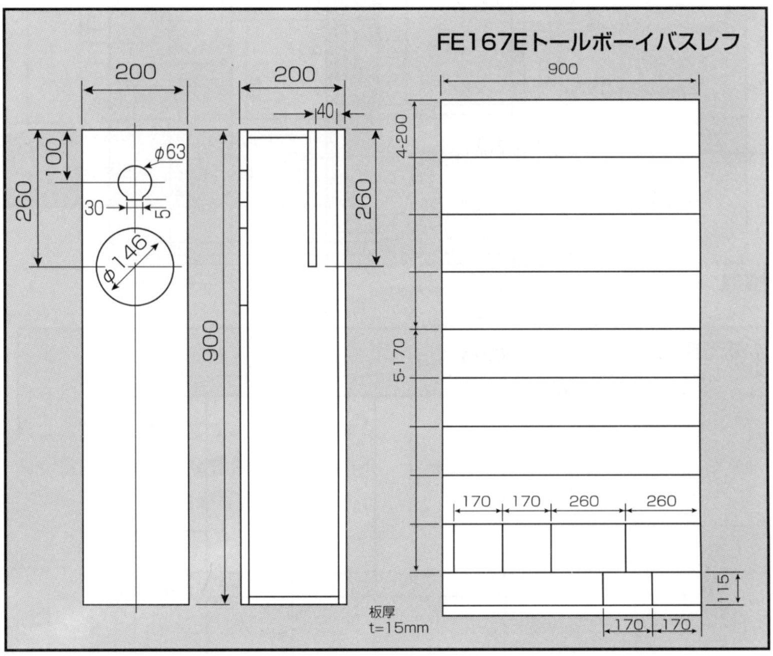




AV対応トールボーイ型
バスレフエンクロージャ



FE127E　2個用エンクロージャ

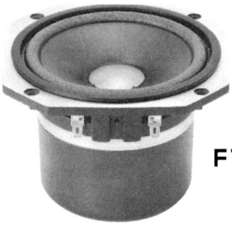


●ALNICO Magnet Series

ALNICOマグネット使用の高級フルレンジユニット

F120AはALNICOマグネットの優れた性能を十分に活かした、ハイグレードでハイパフォーマンスなフルレンジユニットです。デジタル/AV時代に最適な性能と音楽性豊かな音質を保有し、そのうえ漏洩磁束の極めて少ない高度な防磁型です。入力信号に対する鋭敏な追従性と楽器の音色表現に優れ、カラー受像機に色ズレや変色を発生させない、マニアックなスピーカシステムづくりをお楽しみください。

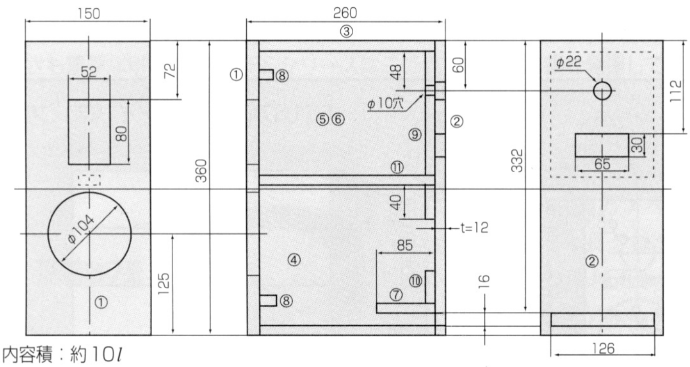
●F120A＋FT7RP



F120A

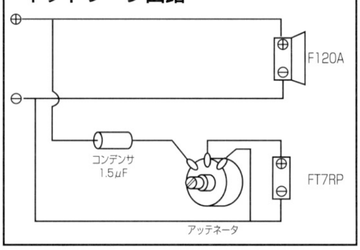
27"～29"クラスの受像機にぴたりと接近させて使用する、スリムタイプのAV対応システムです。エンクロージャは約10lで、ダクトはスリット形で後部に開口させています。ネットワークはコンデンサ1個だけですが、アッテネータできちんとバランスを調整して使います。

F120A＋FT7RP用エンクロージャ寸法図

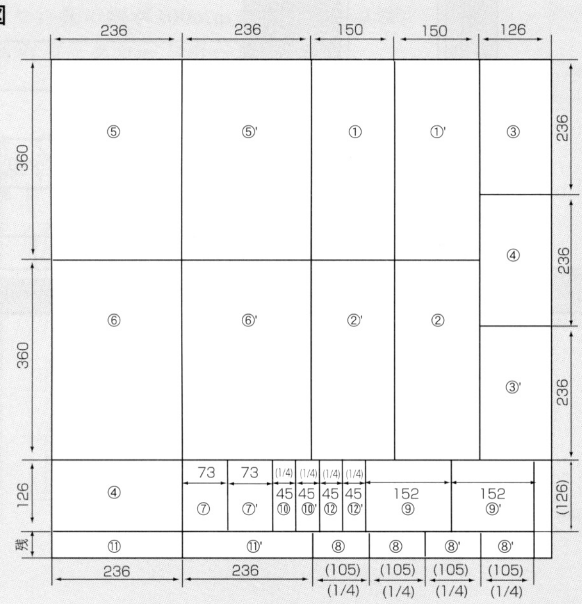


内容積：約10l

ネットワーク回路

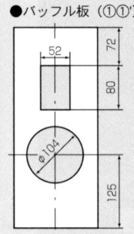


板取図

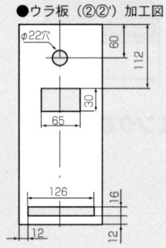


●板材:t=12mm、(合板) 910×910mm　1枚

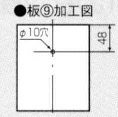
●バッフル板（①①'）加工図



●ウラ板（②②'）加工図



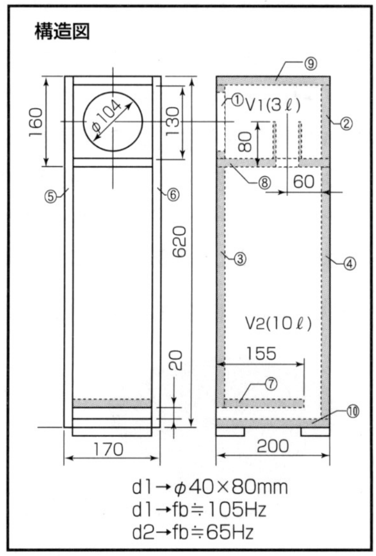
●板⑨加工図

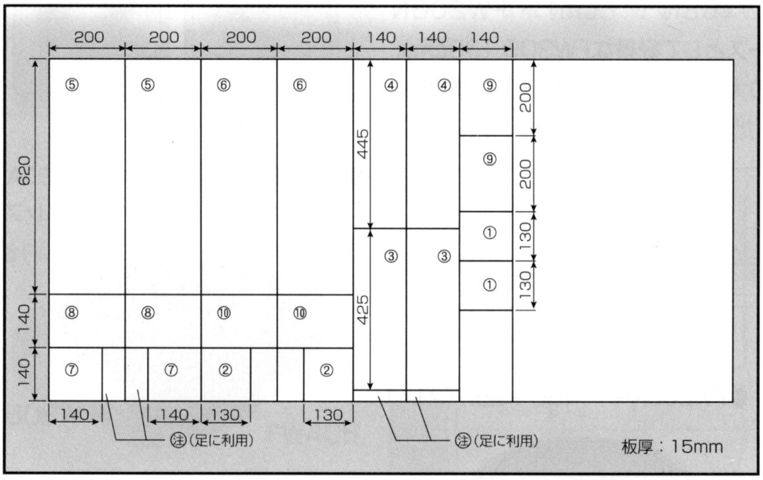


●F120Aダブルバスレフ

F120Aはダブルバスレフ型エンクロージャで使用すると、ナチュラルな音質を活かして低音部の量感を十分確保することができます。

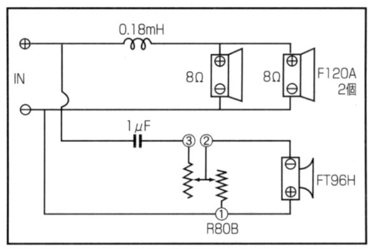
この設計では、V_1=3l　V_2=10lとし、d_1のチューニング周波数を105Hz、d_2は65Hzに設定しており、良好な低音部の増強が得られています。

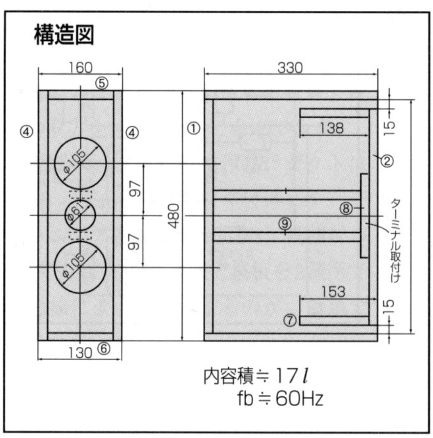


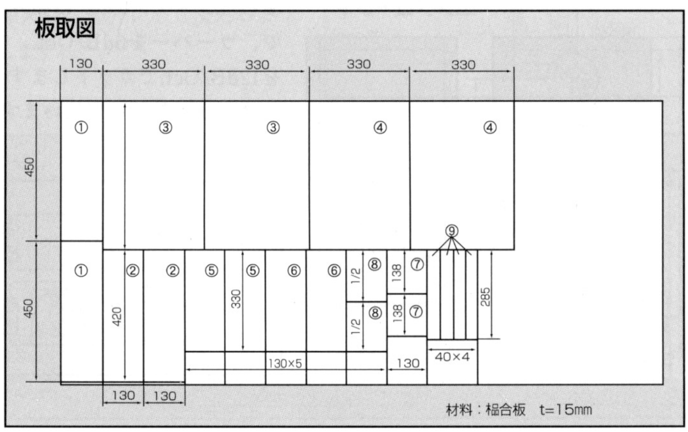


●F120A×FT96H バーチカルツイン

F120Aを2本とスーパーツィータFT96Hで、ハイクオリティーなAVサラウンドづくりを目指したバーチカルツインシステムです。24"～29"TVに適合したサイズで、カラー受像機にぴったりと寄せて使えます。ワイドレンジな音質とシャープな音像定位で、ハイグレードなAV再生が可能になります。





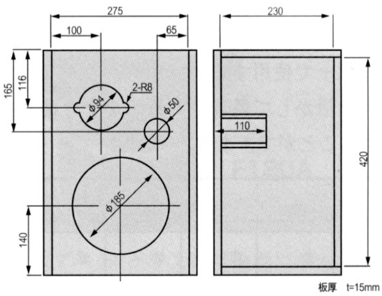


●FW Series

長年のベストセラーウーハーで、定評のある音づくり

定評ある性能と優れた低音再生能力で、長年クラフトファンに支持されているウーハーがFWシリーズです。コンパクトなサイズのエンクロージャでも高い低音低音再生能力を発揮するFW168N（16cm）・FW208N（20cm）、3ウェイシステム製作のベースとして好適なFW305（30cm）、スーパーウーハーにも使える40cmの大型ウーハーFW405。いずれも、安定した性能と磨きあげられた音質で、だれも安心して使えるウーハーです。

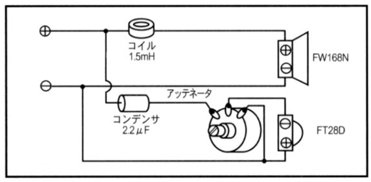
FW208N+FT48D+26ℓ/バスレフ
エンクロージャ



●FW168N＋FT28D＋11l/バスレフ

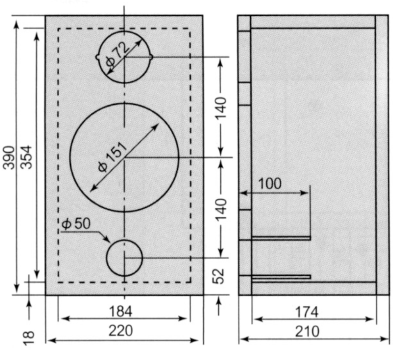


FW168N



16cmながら優れた低音再生能力で定評のあったFW168がFW168Nにモデルチェンジしました。さらに強力になった磁気回路がスピード感溢れる低音を再生します。このFW168Nに伸びのあるクリアーな音質のFT28Dを組み合わせた2ウエイシステムです。ネットワークはシンプルに6dB/Oct.でウーハー、ツィータともカットし、ツィータは逆相接続にします。

FW168N＋FT28D＋11l/バスレフ
エンクロージャ

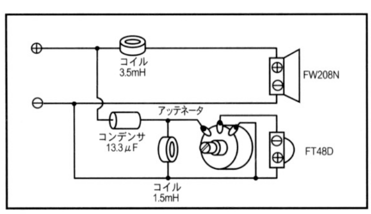


●FW208N＋FT48D＋25l/バスレフ



FW208N

低いクロスオーバ周波数から使えるソフトドームツィータFT48Dとの組み合わせで、FW208Nを低音再生重視で使った2ウエイシステム。エンクロージャは26lで、ダクトはφ50×110mmとしました。ネットワークは組み合わせ形で、ウーハーを6dB/Oct.、ツィータを12dB/Oct.でカットします。ツィータは10dB前後絞って使います。



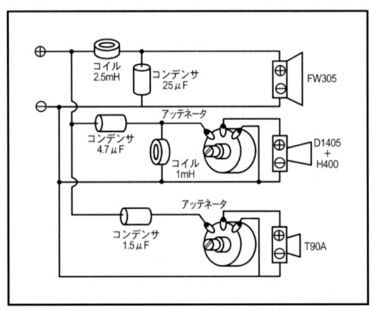
●FW305＋D1405＋H400＋T90A ＋75l/バスレフ



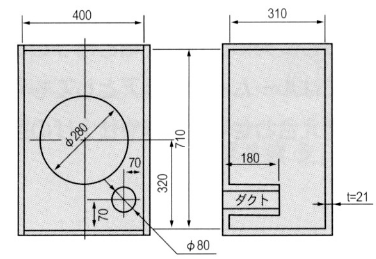
FW305

30cmウーハーを使った本格的なホーン型3ウェイシステムです。ミッドレンジはホーンドライバー＋ラジアルホーンで、ホーンの上にスーパーツィータを乗せます。

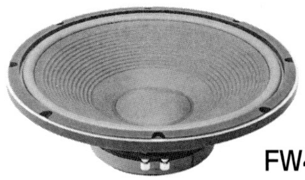
エンクロージャは75lで、ダクトはφ80×180mmです。21mmの合板を使い補強も十分に加え、板の内面にはブチルゴムテープや鉛シートなどを貼ります。



FW305用75Lエンクロージャ



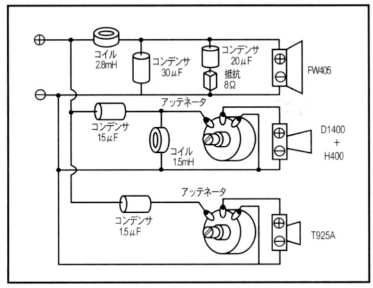
●FW405＋D1400＋H400＋T925A

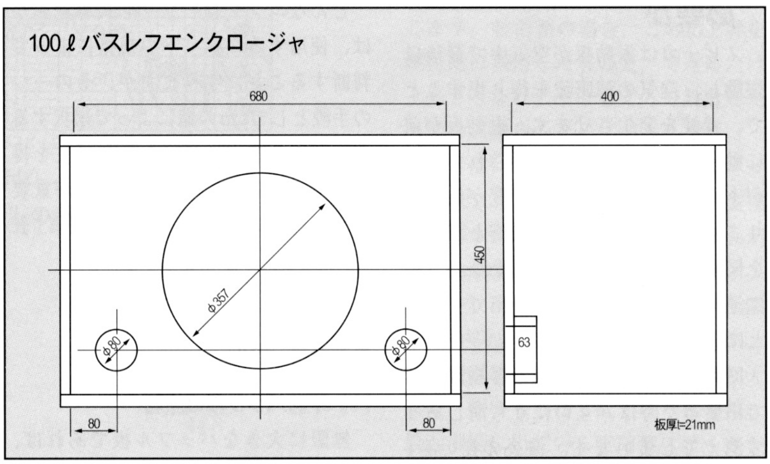

FW405

40cmウーハーFW405を、フロアー型の100lのバスレフエンクロージャに組み込み、その上にミッドレンジ用としてウッドラジアルホーンH400にワイドレンジドライバーD1400を取り付けたものを乗せます。更にスーパーツィータを付加して、ハイレベルな3ウェイに仕上げます。

エンクロージャは21mmの合板を使い、内部の補強は十分に施します。ダクトはφ70×63mmが2本で、底面にキャスターを取り付けておくと取扱が楽です。

ネットワーク回路は、ウーハー・ミッドレンジ間が12dB/oct.で、スーパーツィータはコンデンサ1個とアッテネータだけです。



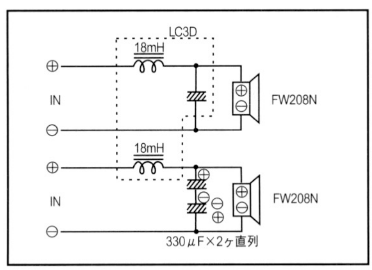


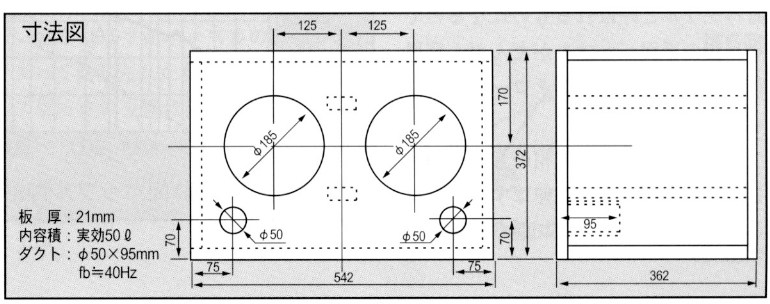
●FW208N×2サブウーハーシステム

20cmウーハーとして優れた低音再生能力を保有するFW208Nを、一つのエンクロージャに2本取り付けた、サブウーハーシステムです。小型コンパクトサイズのスピーカシステムの低音を補強するのに好適で、不足する帯域と量感の双方を付加させることができます。

板厚21mmの合板で作り、ダクトはφ50×95mmを2本取り付けます。チューニング周波数fb≒40Hz）補強材の使い方は、バッフル板と裏板を2箇所で補強棒によって連結するのが、簡単で効果の高い方法です。

ネットワーク回路は、当社の3D用ネットワーク素子セットLC3Dを利用し、市販品の330μF/50V電解コンデンサを2個逆相で直列に接続して片方のチャンネルに挿入し、ステレオで使えるように工夫します。





だれでもわかる スピーカエンクロージャの設計！！

エンクロージャとは「囲い」を意味し、スピーカユニットを納める箱のことです。スピーカユニットは適切な「囲い」に入れておかないと、その真価が現れません。特に低音をきちんと再生するためには、良いエンクロージャが必要不可欠です。

良いエンクロージャとは、使用するユニットに適合した方式と寸法で、しっかりと丈夫に作られた箱と言うことになります。オーディオ機器の中でもスピーカは家具的な要素が有り、ある場合にはルームインテリアとしても考えねばならいこともあります。従って、実際の製作に当たってはこれらの要素も考え合わせて、工作や仕上げの腕を振るうことになります。

■エンクロージャは、なぜ必要か

スピーカは振動板が空気中で前後に振動し、空気の疎密波を作り出すことで、音波を発生させます。振動板が前に動くと、前面の空気は押されて密度が上がり、背面側は逆に密度が低くなります。このことは前後で密と疎の波を同時に発生させることになり、互いに逆の位相を持った音波が出てくることになります。

同時に発生した逆位相の音波が空間で出会った時は、互いにうち消しあって消えてしまいます。波長の長い音、すなわち低い音ほど打ち消されやすく、波長の短い音はうち消され難いので、消えずに残ることになります。

振動板の位置に壁をおいて前後を仕切ってやると、逆位相の2つの音波は互いに遮断されて、打ち消し合うことがなくなり、音波は効率良く広がってゆくことになります。

これがバッフル板の原理であり、平面バッフルと呼ばれるものになるのです。この平面バッフルがだんだん発展して箱形になり、エンクロージャとなったわけです。

更に、箱の中の逆位相の音波を活用して効率あげ、低音を伸ばす工夫を凝らしたものが、バスレフ型やバックロードホーンと言うことになります。

どんなエンクロージャ形式を選ぶかは、使用するユニットの規格によって判断することになりますが、その一つの手段としてQoの値によって選択する方法があります。良好な低音再生を得るには、適切な方式を選ぶことが重要です。選ぶ時のポイントは、4頁第1表と5頁第3図を参照して下さい。

●平面バッフル

(1) 平面バッフルの原理

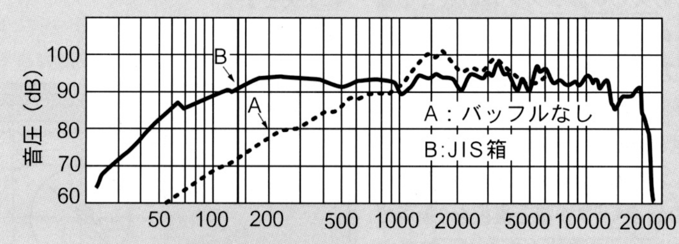
無限に大きなバッフル板であれば、音波がバッフルの端を回ってくることはありません。しかし現実には無限大は有り得ませんので、バッフルの大きさ（寸法）によって、打ち消されずに再生できる周波数の限界が決まります。この低音限界周波数は、次の式で表されます。

$$fo = \frac{4250}{L}\ (cm)$$

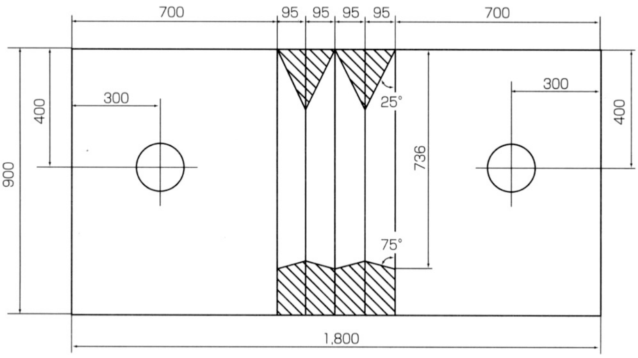
L=スピーカからバッフル端までの距離

fo=3dB落ちる再生限界周波数

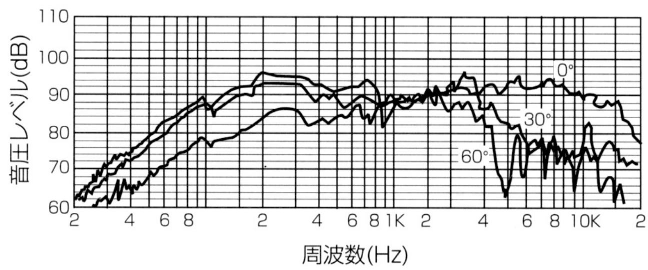
実用上は、バッフルの中心位置にユニットがあると周波数特性に大きな山・谷ができるので、中心位置からずらして取り付けるようにします。また、ユニット背面に空気の負担がかからないので、fo（最低共振周波数）の低いものはコーンが動きすぎて、パワーが入らなくなることがあります。このため、平面バッフルにはfo・Qoの高めのユニットが適していると言えます。



第1図バッフル付きとなしの特性



第３図 定尺からの裁断図



第４図 平面バッフルの特性

(2) 平面バッフルの設計

使用するユニットは、Qoが0.7に近いものを選びます。

P-610

a=6.5cm

mo=6.5g

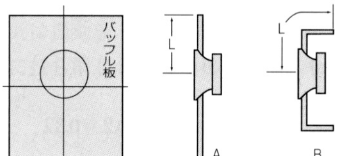
Qo=0.8

fo=80Hz

SPL=91dB

材料は、定尺（900×1,800mm）の合板１枚で、**第３図**のようにカットすることにします。この寸法で、バッフルの平均的なLを求めると、

第2図 平面バッフルの原理



$\pi L^2=70\times 90$ より

L=44.8(cm)

このLよりfcを求めると、

$$fc=\frac{4250}{44.8}$$

≒95Hz となります。

実際の特性は**第４図**のようになり、ほぼ設計通りの特性になっています。

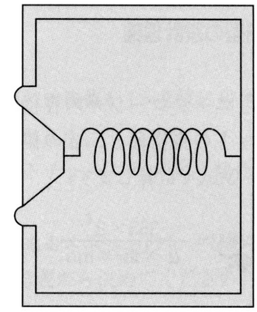
製作に当たっては、ユニット取付位置が板の中心にならないようにし、板の振動を押さえるため、補強板を取り付けるようにします。

●密閉型

(1)密閉型のメカニズム

密閉型は平面バッフルの背面が箱によって閉じられたものと考えればよく、スピーカの後側に出た音波は一応隔離封入されていることになります。閉じ込められた箱内の空気は、スピーカの振動板に対してバネのはたらきを示します。

第5図



密閉箱ではエッジやダンパーのバネのほかに空気のバネがきいている

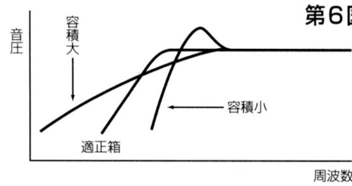
このバネのはたらきが加わるため、ユニットのfoはカタログ値（バッフル無しの自由空間における値）より上昇します。密閉箱の場合、このfo上昇を積極的に利用したものと、できるだけ上昇させないような考え方で設計したものの二通りのタイプがあります。

前者はいわゆる完全密閉型（エアサスペンションタイプ）で、箱が小型化できますが、使用するユニットはfoが低くmoの大きなものが適しています。エンクロージャの内容積で低音再生限界focが決まり、能率は低くなります。

後者は箱の内容積は完全密閉より大きく、能率もさほど低くなりません。最近市場に出ている密閉型スピーカシステムは、このタイプが多くなっているようです。

密閉型の場合、良好な低音再生を得るためには、使用するユニットに応じた適切な内容積が必要です。適正な容積より大きくなると、だら下がりの特性になって量感の不足した低音になり、小さすぎればピークができて伸びの悪い低音になります。

第6図



内容積の大小による低音特性のちがい（密閉型）

(2)密閉型の設計理論

適切なエンクロージャ内容積は、使用ユニットの規格値と、αの値を決めた上で、次式で計算します。

$$内容積V=\frac{355\times a^4}{\alpha\times fo^2\times mo}\ (\ell)$$

αの値は、第1表の口径別の能率分類を目安として、A、B、2グループに分け、それぞれの式によって算出します。完全密閉型で使えるユニットは、Bグループより更に3dB以上低いような機種です。

①Aグループのユニット

スピーカシステムとして最低共振周波数 (foc)は、使うユニットのfo値より高くなるので、focをfoの何倍にするかを先に決めます。ユニットの口径に従ってfoの1.2倍から2倍位までの範囲に値を決め、次式でαを求めます。

$$\alpha=\left(\frac{foc}{fo}\right)^2-1$$

Aグループのユニットを密閉型で使用した時の低音特性は、一般的にだら下がり気味な特性になります。

②Bグループのユニット

スピーカシステムとしての等価Q（Qoc）の値を先に決めてやります。Qocはフラットな低音特性をめざして、0.7とするのが理想的ですが、0.5～1.0の範囲内にとるようにします。αは、

$$\alpha=\left(\frac{Qoc}{Qo}\right)^2-1$$

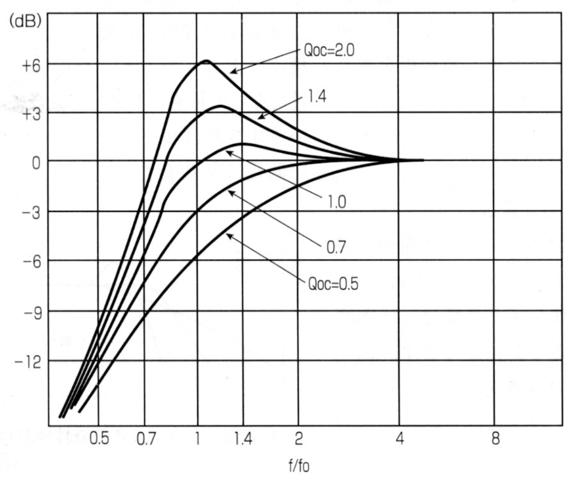
となります。

完全密閉型の場合は吸音材を大量に入れるので、Qocが低下してしまう分を見越して、10％位高めにQocの値を決めて下さい。

第1表

分類	8cm	10cm	13cm	16cm	20cm	25cm	30cm	40cm
Aグループ	以上↑	以上↑	以上↑	以上↑	以上↑	以上↑	以上↑	以上↑
	82dB	85dB	87dB	89dB	91dB	93dB	95dB	97dB
Bグループ	↓以下	↓以下	↓以下	↓以下	↓以下	↓以下	↓以下	↓以下

第7図密閉箱におけるQocと低音特性の関係



(3)設計の実例

①FW127（12cmウーハー）

a=4.6cm

mo=7.0g

Qo=0.35

fo=45Hz

SPL=88dB

このユニットはAグループとBグループの中間位の機種ですが、ここではBグループとして計算してみます。

Qocは目標の0.7に吸音材分を見越して、

0.74 × 1.1=0.77とします

$$\alpha=\left(\frac{0.77}{0.35}\right)^2-1\fallingdotseq 3.84$$

このα値を前の式に入れて、

$$V=\frac{355\times 4.6^4}{3.84\times 45^2\times 7}\fallingdotseq 2.9\ (\ell)$$

この場合のスピーカシステムとしてのfocは、

$$foc=\frac{0.77}{0.35}\times 45\fallingdotseq 99Hz$$

となります。

②FW208N（20cmウーハー）

a=8.1cm

mo=40.0g

Qo=0.2

SPL=90dB

このユニットをAグループとして扱い、focから決めてゆきます。

foc=29 × 1.6=46.4Hz

これを計算式に代入して、

$$\alpha=\left(\frac{46.4}{29}\right)^2-1\fallingdotseq 1.56$$

このαの値を代入して、

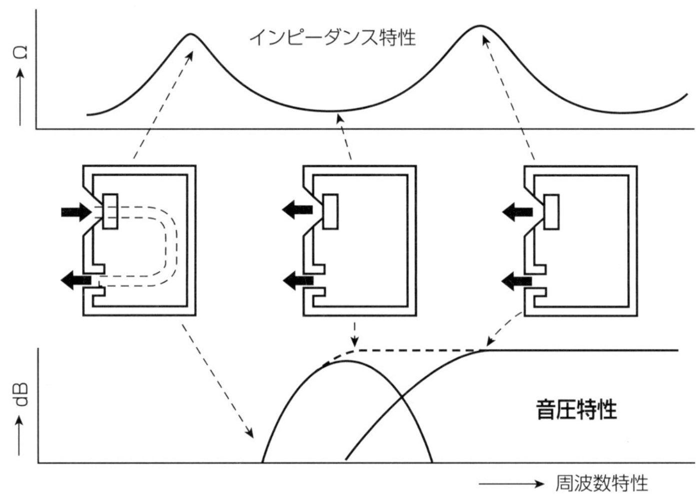
$$V=\frac{355\times 8.1^4}{1.56\times 25^2\times 40}\fallingdotseq 39.2\ (\ell)$$

システムとしてのQocは、

$$Qoc=\frac{foc}{fo}\times Qo=\frac{46.4}{29}\times 0.2\fallingdotseq 0.32$$

となり、密閉型のエンクロージャでは低音の量感を出し難いことを示しています。

第８図バスレフ形エンクロージャの動作



●位相反転型（バスレフ型）

(1)位相反転型のメカニズム

位相反転型は通称バスレフ型と言い、密閉型のエンクロージャに円筒や角筒形の共鳴筒（ダクト、ポートと呼ぶ）が付いた形式になっています。バスレフ型の原理は、音波が空胴と穴で共鳴する「ヘルムホルツの共振」と呼ばれる原理を応用したもので、エンクロージャの内容積とダクトで共振させ、低音を補強しようとするもです。いわば、密閉型では利用しなかったユニットの後方に出た音波のエネルギーを、効率よく活用することになります。

ダクトの共振周波数付近ではスピーカの振動板はほとんど動かず、音波はダクト部の空気の振動により放射されます。これより高い周波数は振動板から出、共振周波数以下ではダクトの空気は振動板とは逆位相で振動し、互いに打ち消し合って再生させせなくなります。

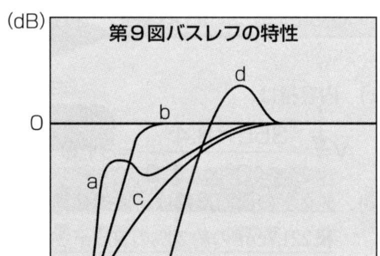
バスレフ型は最も多くスピーカシステムに使われ、色々なユニットで利用することができます。

(2)バスレフ型の設計

バスレフ型の低音特性は、エンクロージャの内容積、ダクトの寸法、ユニットのfo、Qoなどから計算され、第9図がその典型的な特性のパターンです。

設計に当たっては、パターンの中のbの特性を目標とし、多少C寄りの特性も好ましい音質が得られます。

設計の手順は次のようになります。



第９図バスレフの特性

①αの値を決める。

第９図bのような理想的な特性を得たい場合は、第2表の数値からとることができます。一般的には0.5～3の間に取ればよいのですが、使うユニットの口径に合った実用的なサイズに設計するには、αの値を1～2位に設定するとよいでしょう。

②ダクトチューニング周波数fbを決める。

使用するユニットのfoとQoの値を基に、第3表から決めてください。

Qoの低いものは高めに、Qoの高いユニットは低めの値になります。

③エンクロージャ内容積Vを計算する

$$V=\frac{355\times a^4}{\alpha\times fo^2\times mo}(l)$$

計算式は密閉型と同じです。バスレフ型の場合は内容積は比較的幅を持たせた選択が可能で、αの値との相関で割合自由な設計ができることになります。

④ダクトの寸法を求める。

a）ダクトの開口面積Sを求める。

一般に、ユニットの有効振動面積（πa^2）の0.2～1倍の範囲で設定します。能率の高いユニットは大きめに、低いものは小さめにします。

b)ダクトの長さLを計算する。

計算式は先に求めたVとfbとSを使って、

$$L=\frac{30000\times S}{fb^2\times V}-0.825\times\sqrt{S}\ (cm)$$

ダクトの長さはエンクロージャの奥行寸法で制約されますから、計算値では長すぎる場合はSを小さく設定しなおすか、または長さを先に決めてから開口寸法を求めます。

なお、ダクトの形状は開口面積が一定ならば、丸形でも同じです。面積を1/2にして2本にすることもできます。また、取付位置もバッフル板のどの位置でもよく、裏板や天板に取付けてもかまいません。

第2表バスレフでフラットな特性を得る条件

No	Qo	α	fb/fo	fl/fo
1	0.18	10.5	2.0	2.7
2	0.21	7.5	1.7	2.3
3	0.26	4.5	1.4	1.8
4	0.30	3.0	1.2	1.5
5	0.38	1.4	1.0	1.0
6	0.42	1.1	0.93	0.87
7	0.47	0.73	0.83	0.73
8	0.52	0.56	0.76	0.64
9	0.56	0.49	0.72	0.60

Qo：スピーカQo（正確にはアンプの出力抵抗などを含む）
α：スピーカとエンクロージャのスティフネスの比
fo：スピーカの最低共振周波数
fb：チューニング周波数
fl：カットオフ（3dB落ちる）周波数

第3表チューニング周波数の求め方

Qo	fb	Qo	fb
0.20	fo×1.8	0.42	fo×0.9
0.22	fo×1.6	0.45	fo×0.9
0.25	fo×1.5	0.48	fo×0.8
0.28	fo×1.3	0.50	fo×0.8
0.30	fo×1.2	0.52	fo×0.75
0.32	fo×1.2	0.55	fo×0.7
0.35	fo×1.1	0.58	fo×0.7
0.38	fo×1.0	0.60	fo×0.65
0.40	fo×1.0	0.62	fo×0.65

(3)設計の実例

FF225K（20cmフルレンジ）

a=8.4cm
mo=17.3g
Qo=0.2
fo=40Hz
SPL=96dB

実用的な範囲のエンクロージャ寸法を目指した設計を心がけてみます。

a)　α=2に設定

b)　ダクトのチューニング周波数は、

fb=40×1.8=72Hz
（第3表より）

c)　内容積は、

$$V=\frac{355\times 8.4^4}{2\times 40^2\times 17.3}=31.9\,l$$

d)　ダクトの開口面積は、実効振動面積221.7cm²の約20%の50cm²とする。

従って、ダクトの寸法はφ80mmのパイプか、50×100mmの角形を使う。

e)ダクトの長さは、

$$L=\frac{30000\times 50}{72^2\times 31.9}-0.825\times\sqrt{50}$$

≒3.2cm

(4)バスレフ型の場合の吸音材

バスレフ型エンクロージャの中に入れる吸音材は、ダクトの効果を抑える方向に働きますので、量が多いと低音のレベルが下がることになります。このため、内部の定在波を吸収できるだけの、最小限の量に止めるようにします。一般的には、裏板と側板の片側だけで十分です。

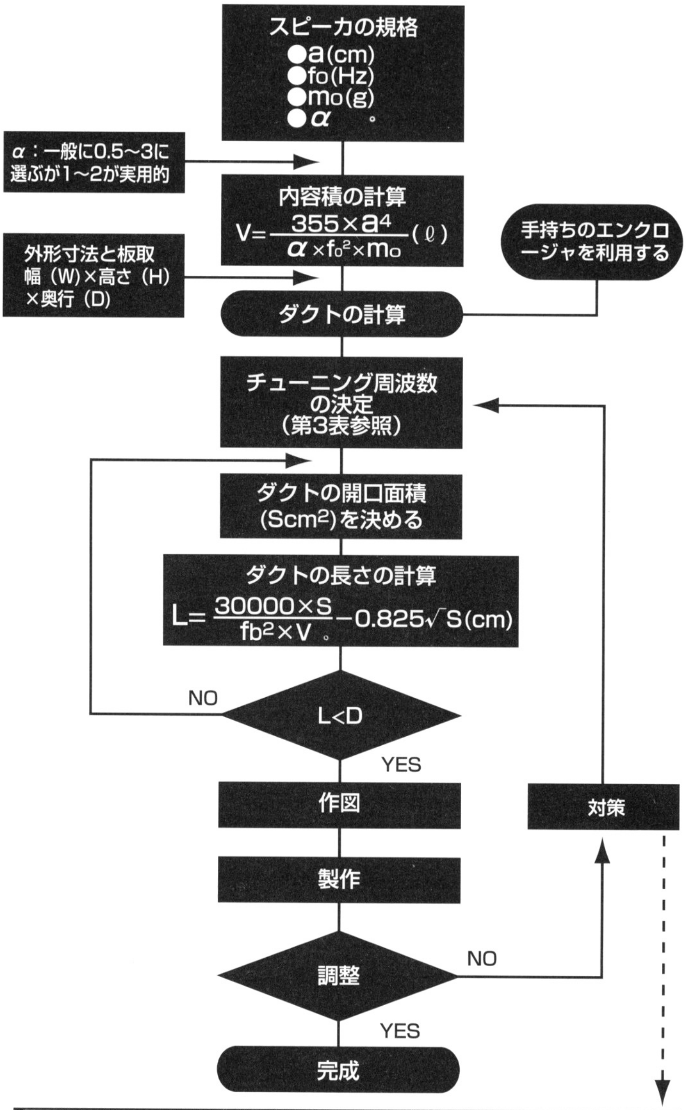
(5)低音の出かたの調整

実際にスピーカシステムを使用する時に、低音の量を増減させたい場合は、バスレフ型はダクトを調整することが可能です。低音の量を抑えたり、締まりよくする手段には、ダクトの内面に少量の吸音材を入れる方法もあります。(第10図参照)

(6)密閉型とバスレフ型の比較

「好み」の問題を別にして、どちらかが良いかは一概には言えませんが、正しく設計され作られたバスレフ型は、密閉型より低い周波数まで十分なレベルで再生でき、箱のサイズ等についても、より自由度のある設計が可能です。性能面での比較は次のようになります。

- **同じ能率で同じ低音再生限界なら、バスレフ型の内容積は密閉型の1/3でよい。**
- **同じ能率で同じ内容積なら、バスレフ型の低音再生限界は密閉型より約30％下げることができる。**
- **同じ低音再生限界で同じ容積なら、バスレフ型は密閉型より4.5dB能率の高いシステムにできる。**



症状 ＼ 対策箇所	ダクトの開口面積	ダクトの長さ	吸音材の量
低音過剰の時	小さくする	長くする	増やす
低音不足の時	大きくする	短くする	減らす

第10図バスレフエンクロージャの設計手順

●ドローンコーン型

(1)ドローンコーン型のメカニズム

パッシブラジエータ型とも呼ばれ、スピーカユニットから磁気回路を取り除いて、振動板だけがフレームに取り付けられた構造になっています。動作原理はバスレフ型と同じで、ダクトの空気のかわりにドローンコーンが振動して、低音だけを放射するもです。

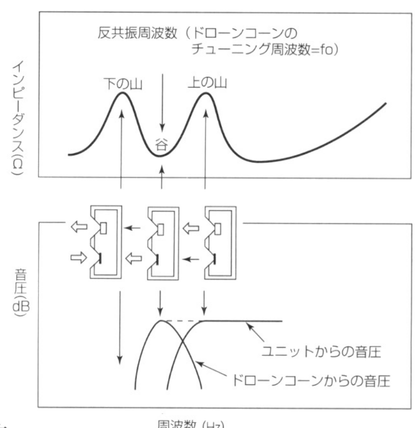
動作状態も同様で、ドローンコーンの共振周波数より上の帯域はスピーカユニットのコーンが振動し、共振点付近ではドローンコーンが振動して、それ以下では互いに逆位相で振動し音圧は減衰します。

動作原理が同じなので、この方法に向くスピーカユニットもバスレフ型と同様で、箱の内容積やチューニング周波数fbの決め方も同じです。

(2)ドローンコーンのチューニング

バスレフ型のダクトを調整するのと同様に、ドローンコーンに「おもり」（ウェイト）を付加して、そのチューニング周波数fbを調整することができます。

低周波発振器からfb付近の周波数をスピーカユニットに加えて、コーンの振幅が最少になる点がチューニング周波数です。ドローンコーンにおもりを付加すると、この周波数が変化しますので、設計上のfbに合うよう調整することができます。



第11図ドローンコーンの動作

●フロントロードホーン型

（1）フロントロードのメカニズム

スピーカユニットの前面にホーンを取付けて、能率を高めようと意図したスピーカです。ホーンは、低い周波数まで再生しようとすると、巨大な開口で長大なものになるので、実用的なシステムはホーンで中音域以上の能率をあげ、低音はバスレフ型として補う形式がとられています。

この方法に適するスピーカユニットは、能率が高く、振動系が軽量（m_oが小さい）でしかも剛性の高いものが対象になります。密閉型の項の第２表Aグループの基準値より、3dB以上能率の高い機種と言うことになるでしょう。

音質はホーン独特のものがあり、能率の高いことから劇場用やPA用に多く利用されます。

(2)フロントロードホーン型の設計

十分に低い音域まで再生しようとすると、その周波数に反比例してホーンの開口寸法が大きくなります。例えば、20Hz（カットオフ周波数）までとすると、直径5.5mと言うことになり、家庭用としての実用性が無くなってしまいます。

実際には、ドライバーにはコーン形ウーハーを使用しますから、ホーンの入り口（スロート）面積が大きくなって、その分ホーンの全長は短くなります。

第12図はエクスポネンシャルホーンの基本図形で、SoからSまでの面積の広がり方が指数係数で変化するため、指数ホーンとも言います。ドライバーとして30～40cmの大型ウーハーを使うと、カットオフ周波数が同じ場合SoがSo_Aに、LがL_Aに変化することになります。

設計の手順は次のようになります。

①ユニット（ウーハー）の選定

感度が（出力音圧レベル）が高くm_oが小さく、Qoが低い、しかもコーンの剛性の高いものが適しています。（ホーンロード用として設計されたユニットも存在します。）

②fcの決定

fcはできるだけ低く取りたい所ですが、実用性のある寸法で設計するには100～150Hzが限界といえましょう。第4表はfcとm、a、Sの関係を示したもので、fcを140Hzとすると開口面積Sは4805cm^2となります。

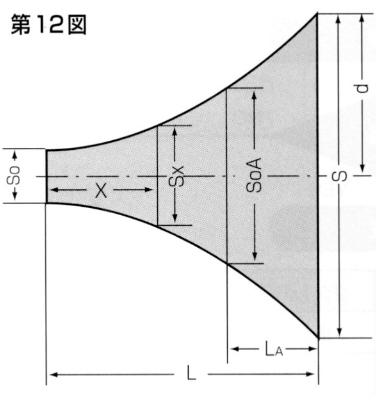
③Soの決定

Soは使用するユニットの実効振動面積の80～100%とします。40cmクラスのウーハーでは、実効振動半径は17cm位ですから、その90%とすると、

$$S=(17)^2\times\pi\times0.9$$
$$\fallingdotseq 817cm^2$$

となります。

第12図



$Sx=Soe^{mx}$　$fc=\frac{mc}{4\pi}$　$a=\frac{2}{m}$　$L=\frac{1}{m}\log e\frac{S}{So}$

④ホーンの長さの計算

ホーンの長さLは、

$S=Soe^{mx}$を展開して

$L=1/logeS/So$

で求められます。

fc(Hz)	m	a(cm)	S(cm^2)
50.00	0.0183	109.50	37667.52
60.00	0.0219	91.25	26158.00
70.00	0.0256	78.21	19218.12
80.00	0.0292	68.44	14713.87
90.00	0.0329	60.83	11625.78
100.00	0.0365	54.75	9416.88
110.00	0.0402	49.77	7782.55
120.00	0.0438	45.62	6539.50
130.00	0.0475	42.11	5572.12
140.00	0.0511	39.11	4804.53
150.00	0.0548	36.50	4185.28
160.00	0.0584	34.22	3678.47
170.00	0.0621	32.21	3258.44
180.00	0.0658	30.42	2906.44
190.00	0.0694	28.82	2608.55
200.00	0.0731	27.37	2354.22
210.00	0.0767	26.07	2135.35
220.00	0.0804	24.89	1945.64
230.00	0.0840	23.80	1780.13
240.00	0.0877	22.81	1634.87
250.00	0.0913	21.90	1506.70

第4表

fc：カットオフ周波数　a：開口半径
m：広がり係数　S：開口面積

第5表からは、fc140Hzのmの値は0.0511ですから、

$$L=(1/0.0511)\ loge(4.805/817)$$
$$\fallingdotseq 35\ (cm)$$

となります。

⑤ホーンのひろがりの計算

②～④の結果を、実際に製作しやすい値にまるめます。

開口寸法を600×800の角形にするため、Sを4800に、スロートは200×400とするため、Soを800に直します。Lは35cmとして、mを算出します。

$$m=1/35\times loge(4{,}800\div800)$$
$$\fallingdotseq 0.0512$$

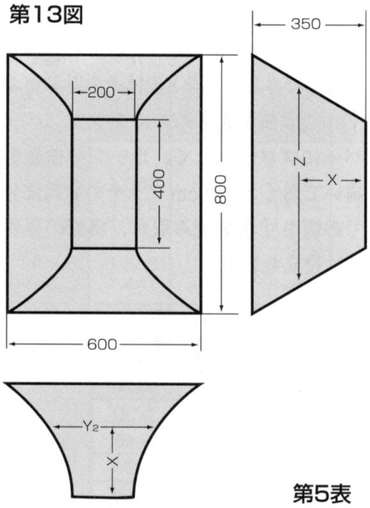
これらの数値から、スロートからの距離xに対する面積を計算します。

So=800cm　　S=4800cm

L=35cm　　m=0..0512

$S=Soe^{mx}$で計算した数値を第5表に示します。(第13図)

第13図



第5表

Soからの距離 X	Xでの距離 (cm²)	Zx (mm)	Yx (mm)
0.00	800.00	400.00	200.00
20.00	886.25	422.86	209.59
40.00	981.80	445.71	220.27
60.00	1087.65	468.57	232.12
80.00	1204.91	491.43	245.18
100.00	1334.81	514.29	259.55
120.00	1478.72	537.24	275.29
140.00	1638.14	560.00	292.52
160.00	1814.75	582.86	311.35
180.00	2010.40	605.71	331.91
200.00	2227.14	628.57	354.32
220.00	2467.25	651.43	378.74
240.00	2733.25	674.29	405.35
260.00	3027.93	697.14	434.33
280.00	3354.37	720.00	465.88
300.00	3716.01	742.86	500.23
320.00	4116.64	765.71	537.62
340.00	4560.46	788.57	578.32
350.00	4800.00	800.00	600.00

●バックロードホーン型

(1) バックロードホーン型のメカニズム

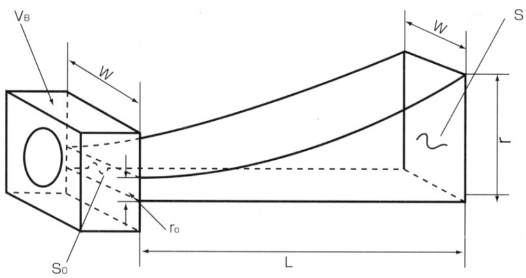
この方式は、スピーカユニットの前面から出る音は直接放射させ、後方へ出る音を長いホーンを通して再生して、能率と低音域の量感をアップさせようとするものです。

バックロードホーンに適したスピーカユニットは、25cm以下のフルレンジで能率が高く、m_0が小さくQ_0の低い、しかもコーンの剛性が高い機種を選びます。フロントロードホーンと同様に、第2表のAグループの基準値より3dB以上出力レベルの高いもので、オーバーダンピング気味なフルレンジユニットが向いています。

(2)バックロードホーンの設計

設計の方法はいくつかありますが、ここでは出来るだけ数式を使わず、数表を利用して設計する方法を述べておきます。

第14図



So:スロートの面積　S:開口面積　L:ホーンの長さ
VB:空気室　W:横幅　fo:スロートの高さ　r=開口の高さ

●バックロードホーンの基本図形

第14図はバックロードホーンの基本図形です。これは、V_Bという内容積の密閉箱の後ろに、面積がSoからSまで広がるのにLの長さを要するホーンがついたもので、したがって設計はV_B、So、S、Lを決めれば良いことになります。

その手順は次のようになります。

①スピーカユニットの選定

口径20cm以下で高能率なフルレンジユニットが最適で、ホーンを駆動するのに耐え得るコーンの剛性を備えた機種であればよく、当社のFE108ΣやFE208Σがその典型です。

②ホーンの長さLの決定

ホーンの長さで最低共振周波数frが決まります。第6表はfrから見たL、第7表はLから見たfrの値です。先にfrを決めてLを出すか、Lを先に決めておいてfrを出すか、2通りの方法があります。ここではfrから先に出す方法で、使用するユニットのfoに40を加えた値を、frとします。

FE208Σのfoは45Hzですから、

45+40=85(Hz)

となり、第6表からL=202cmが求まります。この値は、10cm単位に割り切れるよう、200cmにまるめます。

第6表

fr (Hz)	L (cm)
45	382
50	344
55	313
60	287
65	265
70	246
75	229
80	215
85	202
90	191
95	181
100	172
105	164
110	156
115	150
120	143
125	138
130	132
135	127
140	123
145	119
150	115
155	111
160	108
$L=\frac{C}{2fr}$ (cm)	

第7表

L (cm)	fr (Hz)
100	172
110	156
120	143
130	132
140	123
150	115
160	108
170	101
180	96
190	91
200	86
210	82
220	78
230	75
240	72
250	69
260	66
270	64
280	61
290	59
300	57
$fr=\frac{C}{2L}$ (Hz)	

C:音速
C=34,400cm/sec

③スロート面積Soの決定

Soはユニットの実効振動面積の50～70%にとると良いとされています。ホーン負荷を出来るだけ高い周波数までかけたい時は小さめにとりますが、ホーンから中音以上の音が出てくると、前後の音の干渉によって歪みが生じて、音が濁る傾向になります。このため、Soはあまり小さくしないようにします。

FE208Σの実効振動半径は8.1cmですから、

$$8.1^2 \times \pi \fallingdotseq 206\text{cm}^2$$

$$206 \times 0.6 \fallingdotseq 124\text{cm}^2$$

になります。

ユニットの外形寸法などを考えてスロートの幅を25cmとすれば、スロートの高さroは、

$$124 \div 25 \fallingdotseq 5\text{cm}$$ となります。

④ホーンの開口面積Sの決定

開口面積は、ユニットの実効振動面積の3～4倍にとります。ここでは3.5倍とします。

FE208Σの場合、先の計算から

$$206 \times 3.5 = 721\text{cm}^2$$

となり、横幅が20cmですから、

$$721 \div 20 \fallingdotseq 29\text{cm}$$

で、rの値が求められます。

rの値をroで割ると、

$$29 \div 5 \fallingdotseq 5.8$$

が得られます。

第9表から、L=200cmの欄を横に追って、5.8に近い数値を探すと

fc=24Hzで、5.774が見つかります。この値にroを掛けて、

$5.774 \times 5 = 28.87$(cm)となり、

この値をrとします。

⑤空気室V_Bの計算

V_Bは、密閉型やバスレフ型で使用した計算式

$$V_B = \frac{355 \times a^4}{\alpha \times fo^2 \times mo} (\ell)$$

$$\alpha = \left(\frac{\sqrt{2} \times fr}{fo}\right)^2 - 1$$

を使って、内容積を算出します。この場合のαは、frとfoの関係から決めます。

FE208Σの諸規格値と、fr=85Hzから数値を代入すると、

$$V_B = 10.2l$$

$$\alpha = 6.3$$

が算出できます。

これまでの計算値を整理して並べると、

ホーンの全長	L=200cm
スロートの高さ	ro=5cm
開口部の高さ	r=28.87cm
空気室の内容積	V_B=10.2l
音道の横幅	W=25cm

となります。

⑥ホーンの計算

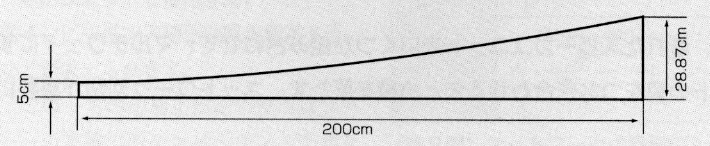
計算は第9表を用いて算出します。

④の所で、第9表から5.774を求めましたが、これは基本図形（第14図）のroからrまでのLの長さをエクスポネンシャル曲線で計算すると、5.774倍であると言うことを意味します。第9表のスロートからの距離Lと、fc=24Hzの欄（縦）の数値を、ro=5を掛け合わすと、高さを算出できます。第8表はその計算値です。この値を大きめのセクションペーパーにプロットして、ホーンの曲線を描いておくと、10cmピッチの中間部分での高さ寸法を読み取れ、実際の製作時に役立ちます。

第8表

L_x(cm)	rx(cm)
0	5.00
10	5.46
20	5.96
30	6.50
40	7.10
50	7.75
60	8.46
70	9.24
80	10.08
90	11.01
100	12.02
110	13.12
120	14.32
130	15.63
140	17.06
150	18.63
160	20.33
170	22.20
180	24.23
190	26.45
200	28.87

第15図



第9表

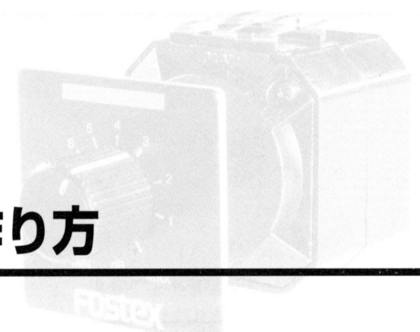
fc (Hz)	20.000	21.000	22.000	23.000	24.000	25.000	26.000	27.000	28.000	29.000	30.000	31.000	32.000
m	0.007	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.011	0.011	0.011	0.012
L(cm)													
0.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10.00	1.076	1.080	1.084	1.088	1.092	1.096	1.100	1.104	1.108	1.112	1.116	1.120	1.124
20.00	1.157	1.166	1.174	1.183	1.192	1.200	1.209	1.218	1.227	1.236	1.245	1.254	1.263
30.00	1.245	1.259	1.273	1.287	1.301	1.315	1.330	1.344	1.359	1.374	1.389	1.405	1.420
40.00	1.339	1.359	1.379	1.399	1.420	1.441	1.462	1.484	1.506	1.528	1.550	1.573	1.596
50.00	1.441	1.468	1.495	1.522	1.550	1.579	1.608	1.637	1.668	1.698	1.730	1.762	1.794
60.00	1.550	1.585	1.620	1.656	1.692	1.730	1.768	1.807	1.847	1.888	1.930	1.973	2.017
70.00	1.668	1.711	1.755	1.801	1.847	1.895	1.944	1.995	2.046	2.099	2.154	2.209	2.267
80.00	1.794	1.847	1.902	1.958	2.017	2.076	2.138	2.201	2.267	2.334	2.403	2.474	2.548
90.00	1.930	1.995	2.061	2.130	2.201	2.275	2.351	2.429	2.511	2.595	2.681	2.771	2.864
100.00	2.076	2.154	2.234	2.317	2.403	2.492	2.585	2.681	2.781	2.885	2.992	3.103	3.219
110.00	2.234	2.325	2.421	2.520	2.623	2.731	2.843	2.959	3.081	3.207	3.338	3.475	3.618
120.00	2.403	2.511	2.623	2.741	2.864	2.992	3.126	3.266	3.412	3.565	3.725	3.892	4.066
130.00	2.585	2.711	2.843	2.981	3.126	3.278	3.437	3.605	3.780	3.964	4.157	4.359	4.571
140.00	2.781	2.927	3.081	3.242	3.412	3.591	3.780	3.978	4.187	4.407	4.638	4.881	5.137
150.00	2.992	3.160	3.338	3.526	3.725	3.935	4.157	4.391	4.638	4.899	5.175	5.467	5.774
160.00	3.219	3.412	3.618	3.836	4.066	4.311	4.571	4.846	5.137	5.447	5.774	6.122	6.491
170.00	3.463	3.684	3.921	4.172	4.439	4.723	5.026	5.348	5.691	6.055	6.443	6.856	7.295
180.00	3.725	3.978	4.249	4.537	4.846	5.175	5.527	5.902	6.304	6.732	7.190	7.678	8.200
190.00	4.007	4.295	4.604	4.935	5.290	5.670	6.077	6.514	6.982	7.484	8.022	8.599	9.217
200.00	4.311	4.638	4.989	5.368	5.774	6.212	6.683	7.190	7.734	8.321	8.951	9.630	10.360
210.00	4.638	5.008	5.407	5.838	6.304	6.806	7.349	7.935	8.567	9.251	9.988	10.785	11.644
220.00	4.989	5.407	5.859	6.350	6.881	7.457	8.081	8.757	9.490	10.284	11.145	12.078	13.088
230.00	5.368	5.838	6.350	6.906	7.512	8.170	8.886	9.665	10.512	11.434	12.436	13.526	14.711
240.00	5.774	6.304	6.881	7.512	8.200	8.951	9.772	10.667	11.644	12.711	13.876	15.148	16.536
250.00	6.212	6.806	7.457	8.170	8.951	9.807	10.745	11.773	12.898	14.132	15.483	16.964	18.586
260.00	6.683	7.349	8.081	8.886	9.772	10.745	11.816	12.993	14.288	15.711	17.277	18.998	20.891
270.00	7.190	7.935	8.757	9.665	10.667	11.773	12.993	14.340	15.826	17.467	19.278	21.276	23.481
280.00	7.734	8.567	9.490	10.512	11.644	12.898	14.288	15.826	17.531	19.419	21.510	23.827	26.393
290.00	8.321	9.251	10.284	11.434	12.711	14.132	15.711	17.467	19.419	21.589	24.002	26.684	29.666
300.00	8.951	9.988	11.145	12.436	13.876	15.483	17.277	19.278	21.510	24.002	26.782	29.888	33.345

(3)もう一つの設計ポイント

バックロードホーンの設計は、計算したホーンをどう折り曲げて、スムースな流れで箱型に納めるか、と言う重要なポイントが存在します。箱の内部構造を、実際に工作できるようなもので、設計の数値に出来るだけ近く、上手に折り曲げて、しかも良好な外観にまとめあげるのはなかなか大変です。

この部分は知恵と工夫の見せどころで、経験もかなり要する所でしょう。また、この工夫がバックロードホーン設計の最大の楽しみ、とも言えます。大いにアイデアを発揮し腕をふるって製作を楽しんでください。

だれでもできる
ネットワーク回路の考え方と作り方



■はじめに

性能の良いスピーカシステムを作るには、優れたスピーカユニットをいくつか組み合わせて、マルチウェイにすることになります。その場合は、各ユニットの音をつなぎ合わせるまとめ役を果たす、ネットワーク回路が重要になります。

デジタル時代のスピーカシステムには、ネットワーク回路は単にフィルター回路として設計するだけではなく、広い周波数帯域に渡って均一な音質が得られるよう考える必要があります。もちろん音質は良いものでなければなりません。また、トランジェント特性もすぐれていないと、現代の良質なプログラムソースを十分に再生出来ません。

それでは、そのようなネットワーク回路はどう設計すれば良いか、考えてみましょう。

■良いネットワーク回路を作るには

ネットワーク回路は、広い周波数帯域に渡って一様な音圧特性を得られるように作ることが、第一の目標です。そのための工夫を順を追ってあげてみましょう。

(1)クロスオーバ周波数の決め方

クロスオーバ周波数は、使用するユニットの欠点やくせを補って、良い音質の部分だけを組み合わせるように選びます。

ウーハーの中音域、スコーカの高域限界のあたりは、分割振動領域になるため音質も指向特性も悪くなる部分ですから、クロスオーバ周波数はそれ以下の所に設定すべきです。

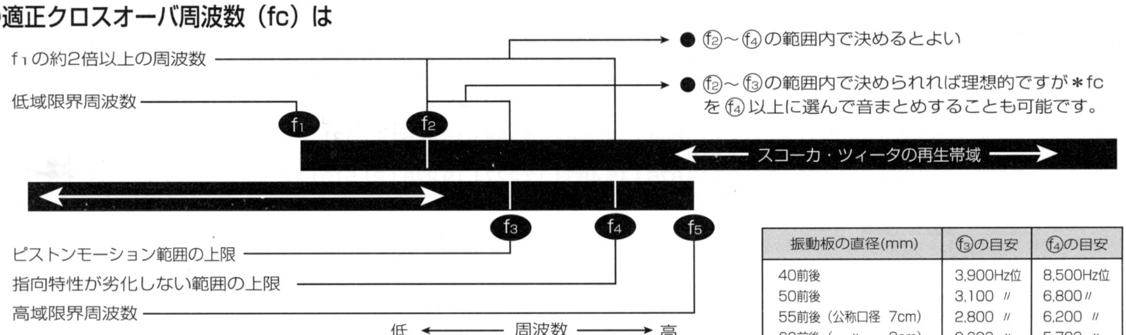
一方、ツィータやスコーカの低域限界のあたりは、歪みが増え音質が悪くなっているので、ネットワーク回路でカットしなければなりません。また、ツィータやスコーカを過大入力でこわさないよう、耐入力を考慮してローカット周波数を考える必要があります。

組み合わせるユニットの周波数特性やインピーダンス特性をよくにらんで、上記の2つの条件がほど良くバランスする周波数を選定するようにします。**第1図**はその考え方を図にまとめたものです。

(2)スピーカのインピーダンス変化を考慮する。

一部の特殊なものを除いて、スピーカユニットは大なり小なりインピーダンス特性を持っています。その値はユニットのfoやホーンの反射などによる共振、ボイスコイル・インピンダンスによる高い周波数帯域において、大きく上昇を示します。

●適正クロスオーバ周波数（fc）は



振動板の直径(mm)	ⓕ3の目安	ⓕ4の目安
40前後	3,900Hz位	8,500Hz位
50前後	3,100 〃	6,800〃
55前後（公称口径 7cm）	2,800 〃	6,200 〃
60前後（ 〃 8cm）	2,600 〃	5,700 〃
80前後（ 〃 10cm）	1,900 〃	4,300 〃
100前後（ 〃 13cm）	1,500 〃	3,400 〃
130前後（ 〃 16cm）	1,100 〃	2,600 〃
160前後（ 〃 20cm）	970 〃	2,100 〃
205前後（ 〃 25cm）	750 〃	1,700 〃
255前後（ 〃 30cm）	600 〃	1,300 〃
335前後（ 〃 40cm）	460 〃	1,000 〃

ⓕ1：スコーカやツィータの低域再生限界周波数（foまたは、カットオフ周波数）
ⓕ2：f1の約2倍または、それ以上の周波数が一般的
ⓕ3：ピストンモーション範囲の上限（表参照）
ⓕ4：30°指向特性の劣化が少ない周波数（表参照、表は－3dBの周波数）
ⓕ5：ウーハーやスコーカの高域再生限界周波数

〈第1図〉適正クロスオーバ周波数（fc）の選び方

ネットワーク回路の特性が極力こないように考えることも必要です。

その手段は、

①インピーダンス特性の平坦な部分にクロスオーバー周波数を設定する。
②インピーダンス変化の出来るだけ少ないユニットを使用する。
③インピーダンス補正回路を使用する。

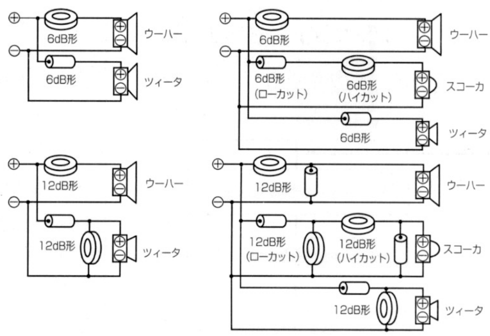
などが考えられます。

このうちの③補正回路の使用はウーハーの高域でのインピーダンス上昇を平坦化するのによく利用されます。(第4図) 補正回路のデメリットは、過度な補正は、トランジェント特性の劣化をまねき、鈍い音質となりがちなことです。必要最小限の使用にとどめるべきでしょう。

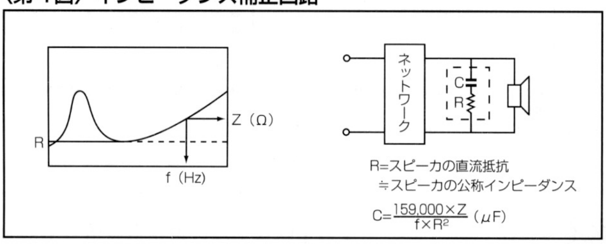
減衰量	ハイカットフィルタ	ローカットフィルタ
6dB/Oct形	$L=\frac{159\times R}{fc}$ (mH)	$C=\frac{159000}{fcR}$ (μF)
12dB/Oct形	$L=\frac{296\times R}{fc}$ (mH) $C=\frac{148000}{fcR}$ (μF)	$C=\frac{85300}{fcR}$ (μF) $L=\frac{170\times R}{fc}$ (mH)
18dB/Oct形	$L_1=\frac{239\times R}{fc}$ (mH) $L_2=\frac{79.6\times R}{fc}$ (mH) $C_3=\frac{212000}{fcR}$ (μF)	$C_1=\frac{106000}{fcR}$ (μF) $C_2=\frac{318000}{fcR}$ (μF) $L_3=\frac{119\times R}{fc}$ (mH)

〈第2図〉ネットワークの回路図と計算式

〈第3図〉2ウェイ、3ウェイ、6dB/oct、12dB/octの結線



〈第4図〉インピーダンス補正回路

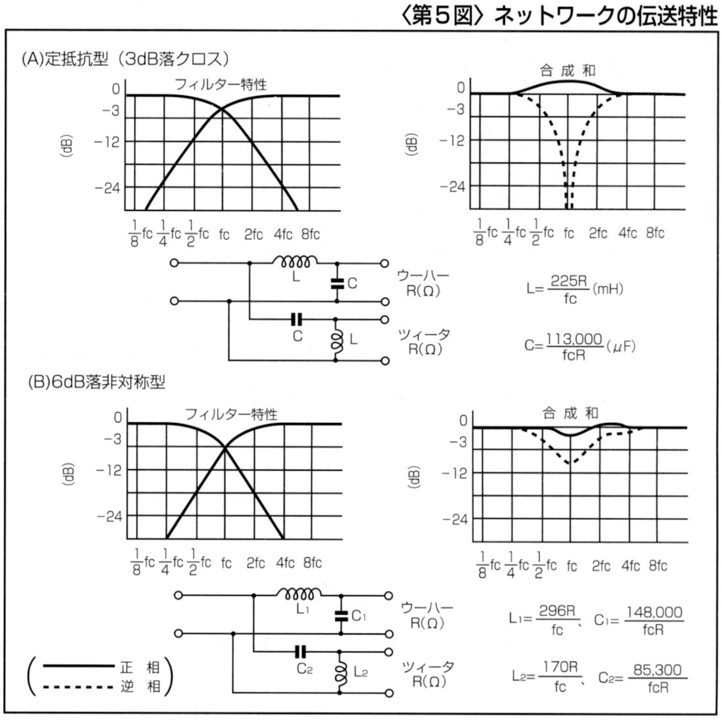


(3) −6dBクロス、非対象形ネットワークの採用

12dB/oct.形のネットワークでは、教科書等によく出ている定抵抗形の回路では定電圧電送されないので、クロスオーバ周波数に3dBのピークが生じます。(第5図A)

フラットな伝送特性を得られるようにするには、ローカット側とハイカット側のフィルターを−6dBでクロスさせる方法が有効です。定抵抗形と同じ肩特性(ζ =0.7)のフィルターを周波数をずらせてクロスさせる非対象形は、①特性がほぼフラット②フィルター特性の切れがシャープ③ユニットをバッフルの同一平面に取付けた時、正相接続でスムーズにつながりやすい、といった実用上大きなメリットがあります。(第5図B)

〈第5図〉ネットワークの伝送特性



■設計の手順

実際のネットワーク回路の設計は次の手順で行います。

①クロスオーバー周波数を決める。
組み合わせる各ユニットの規格、特性表、推奨値などをよく検討し、前項の原則を踏まえて、周波数を決めます。

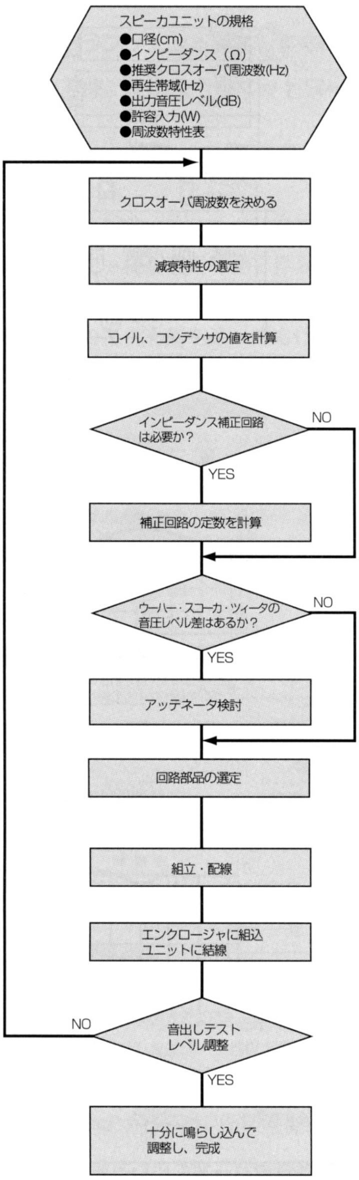
②減衰特性を決める。
使用するユニットの周波数特性や音のくせなどをかんがえて、6dB/oct.か、12dB/oct.か、それとも組み合わせ形で行くか決めます。決め方は**第６図**を参照して下さい。

③コイルとコンデンサの数値を計算。
計算する時の公式は、**第２図**の式を使います。

④アッテネータの必要性を判断する。
組み合わせる各ユニットの規格を見て、出力音圧レベルの数値からスコーカ、ツィータをどのくらい落とせばバランスが取れるか確認し、落とす必要があればアッテネータの挿入を決めます。

⑤インピーダンス補正回路
ユニット（特にウーハー）のインピーダンス特性を見て、クロスオーバ周波数でインピーダンスがかなり高くなっているかどうか調べます。
補正回路が必要な場合は、**第４図**の中の計算式で必要なコンデンサの値を算出します。

〈第７図〉設計の手順



	適応するスピーカユニット	注　意　点
6dB/Oct形	●ウーハーは高域共振が小さく、ツィータはカットオフ周波数付近が余りもち上がらず、スコーカは低域高域共にもち上がっていない特性、いずれも平坦な特性であること ●ユニットのインピーダンスは、fc付近で変化の少ない方がまとめやすい	●理論的には、音圧のf特も位相特性もフラットになるが、スピーカ負荷では、各々のフィルタのfcはズレ込みfcで必要以上にオーバーラップしてしまう ●ツィータやスコーカは、fcを低くとり過ぎると、カットオフ周波数付近で歪みでたり、耐入力不足となる
12dB/Oct形	●ほとんどのウーハー、スコーカ、ツィータに適応可能である	●定抵抗形では、音圧のf特も位相特性もフラットでないもので、6dB落ちクロスのネットワークの活用や位相合わせによりスムースなツナガリを求める必要がある ●ウーハーやスコーカでは、インピーダンス上昇部分でクロスさせると、共振現象を起し易いので補正回路を用いたい
18dB/Oct形	●ほとんどのユニットに適用可能である ●ユニットの帯域を広くしたい時や、不要な帯域を鋭くカットしたい時に有利である	●理論的には、位相変化があるが、f特はフラットになる ●回路が複雑で、部品点数も多いので初心者向きでない ●２素子が直列になるので、素子の選択に注意
組合わせ形 6dB形　12dB形	●ユニットのクセに合わせて減衰特性を選ぶこと ●ウーハーはネットワークなしでツィータは6dB形、ウーハーが6dB形でツィータは12dB形など組合わせ自由	●理論からはずれてくるので、接続時に位相合わせが必要となる

■パーツの選定

ネットワーク回路の音質は、使用するパーツの質でで左右されます。良質なものを選定しましょう。

①コイル
コイルには空芯コイルとコア入りコイルがあります。巻いてある電線が太く直流抵抗の小さいものが良く、特にウーハーに直列に入るコイルはウーハーの公称インピンダンスの1/20以下の抵抗値のものを使うのが理想です。
コア入りコイルは、コアのサイズが十分大きく、材質（鉄又はフェライト）が良くないと、非直線歪みや大入力時の磁気飽和による歪みが大きくなり、音質に悪影響を与えます。

②コンデンサ
ネットワーク用のコンデンサで性能の良いのはプラスチックフィルム形で、損失や振動の少ないものが理想です。
当社でも、製造方法やリード線の材質などを改良した、優れた音質のものを市販しています。

③アッテネータ
巻線形のボリューム・タイプが’一般的で、耐入力が大きく機械的なノイズや振動のすくないものが良好です。2つの巻線を持つ無誘導形も市販されており、耐入力も大きいので、一段と信頼性の高いネットワークが作れます。

■製作の実技

これまでの手順に従って、実際にネットワーク回路を設計・製作してみましょう。使用するスピーカユニットは20cmウーハーFW208Nとドームツィータ FT48Dです。

●設計手順

①クロスオーバー周波数
FW208Nは3KHz以上までフラットな特性を持っていますが、指向特性が

悪くならぬ帯域でクロスさせたい所です。一方FT48Dはクロスオーバ周波数は2KHzに設定します。

②減衰特性

ツィータ側は12dB/oct.ウーハー側は6dB/oct.でも使えますが、今回はツィータと同じ12dB/oct.とします。

③コイル、コンデンサの値の計算

第２図の12dB/oct.の計算式を使います。

ウーハーのハイカットフィルターは

$$L=\frac{296\times8}{2{,}000}\fallingdotseq1.2\text{mH}$$

$$C=\frac{148{,}000}{2{,}000\times8}\fallingdotseq9.3\mu\text{F}$$

ツィータのハイカットフィルターは

$$L=\frac{170\times8}{2{,}000}\fallingdotseq0.68\text{mH}$$

$$C=\frac{85{,}300}{2{,}000\times8}\fallingdotseq5.3\mu\text{F}$$

④インピーダンス補正回路

インピーダンス補正は、FW208Nのインピーダンス特性は2KHzでは14～5Ω位にしか上昇していないので、挿入しなくても良好なつながりが得られますが、計算すると**第４図**により、

$$R=8\Omega$$

$$C=\frac{159{,}000\times15}{2{,}000\times8^2}$$

$$\fallingdotseq18.6\mu\text{F}$$

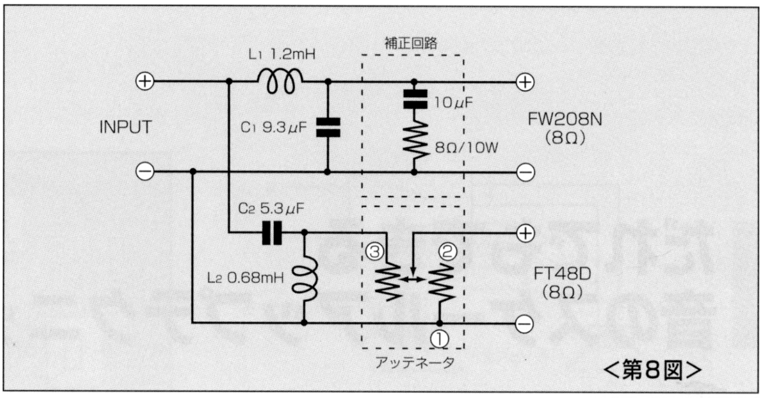
となります。

実際に挿入するのであればCは10μF位にとどめておいた方が良いでしょう。

⑤アッテネータ

ウーハーの音圧レベルは90dB、ツィータは93dBなので、3dBだけ落とせばよいように見えますが、FT48Dはドーム形ツィータですから、実際には5dB位落とさないと聴感上のフラット・バランスになりません。

以上の設計を回路図にまとめると、**第８図**のようになります。



<第8図>

●製作の手法

①部品の選定

コイルは1.2mH（L_1）と0.68mH（L_2）ですが、市販品にはぴったりの値のものがありません。当社の空芯コイルL1.5とL1.0を使用し、コイルの線を巻きほどけば、必要な値が得られます。

1.5mHのコイルの外周から23ターン、1.0mHから30ターンほどくと、ほぼ所定の値になります。線をほどいてカットした後、エポキシ樹脂等でそれ以上線がほどけてしまわぬよう、固定してください。

コンデンサは、当社のポリエステルフィルム・コンデンサを使い、9.3μFはUΣ4.7＋UΣ3.3＋UΣ1.5で合計9.5μFとします。

インピーダンス補正回路用の抵抗(R)は、市販品の10W形のセメント抵抗を利用します。

アッテネータは当社のR80B又はR82Bを使います。

②製作

板厚12mm位の合板の上に、コイルとコンデンサをエポキシ樹脂接着剤やブチルゴム（当社BN50が好適）等を使って、ビリつきなどがないように固定します。

注意点は、2つのコイルが電磁結合を起こさぬよう出来るだけ離すか、又は互いにコイルが直角になるように配置することです。

十分太い線で各部品を結線し、ウーハーとアッテネータに行く線をハンダ付けした後、エンクロージャの中（底板の上がよい）に木ねじとブチルゴム等を使って、しっかりと取付けます。

アッテネータはバッフル面に取付けるのが、実用上最も便利でしょう。

③各ユニットへの結線

ウーハー、ツィータ共に正相接続で配線して下さい。設計が－6dBクロスの非対称形ですから、各ユニットがバッフル板の同一平面上に取付けられていれば、正相接続でスムーズなつながりが得られます。

●ツィータレベル調整

スピーカシステムが全部組立て上がったら、所定の置き場所にセットし、アンプに接続します。この時左右のスピーカの位相が逆にならぬよう、十分注意してください。

普段からよく聴いて、バランスがよくわかっている音楽ソースを鳴らしながら、アッテネータを少しずつ絞って行き、ツィータのバランスをとります。

この場合標準的には4～5dB絞り込んだ所でバランスするはずですが、部屋の状態やアンプ等によっても変化がありますから、十分聴き込んで最良のバランス点を求めるようにしましょう。

だれでもできる音のスケールアップテクニック

■AVは、音も画もそろって良くなきゃ、楽しさ半減。

AV（オーディオ・ビジュアル）と言っても、ビデオソフトやレーザーディスクだけがAVソフトではありません。身近な普通のテレビ放送番組の中にも、ステレオ音声で放送される番組が多数あります。音楽番組やステージショー番組の他にも、野球や大相撲等の中継にはステレオ音声が多く、迫力とプレゼンスあふれるAVソフトになります。

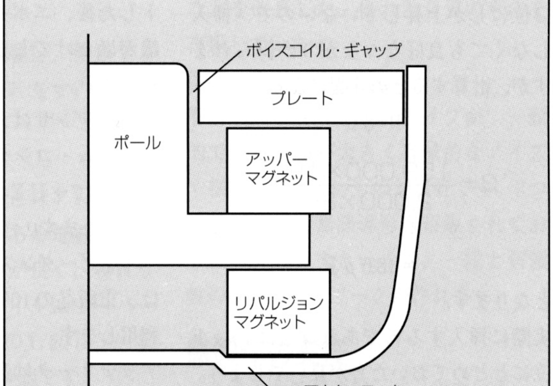
今後一層番組の充実が期待されている衛生放送（BS）は、通常のAモード音声でもFM放送並み、Bモードの場合はCD並みの音質で送られていますから、AVソフトとして一段と重要な地位を占めるようになるでしょう。

レーザーディスクも、デジタル音声で音質、画質共に優れたソフトが増えてきており、それらを家庭内でより楽しく視聴できるよう、ちょっと工夫して再生しましょう。良質なAVソフトに込められているサウンドを、簡単なスピーカ・テクニックで上手に引き出し、ライブステージやムービーシアタに迫るプレゼンスで、AVを楽しんでください。

●AVもスピーカが決め手

AVの主役であるカラー受像機は、色彩を正確に再現するのに磁気を利用しているため、外部からの磁力線に影響されやすく、地球の磁気程度の極く弱い外部磁気によっても、色彩が変化してしまうことがあります。一方、スピーカは高性能なものほど強力なマグネットを使用しているのが普通で、そこから漏れ出した磁気でカラー画面に色ズレが発生してしまうこともあります。

このため、AV用のスピーカは磁気漏れの極く少ないAV対応型を使用せねばなりません。自作する場合には、使用するユニットはFE107やFW127等の、AV対応タイプを選定する必要があります。

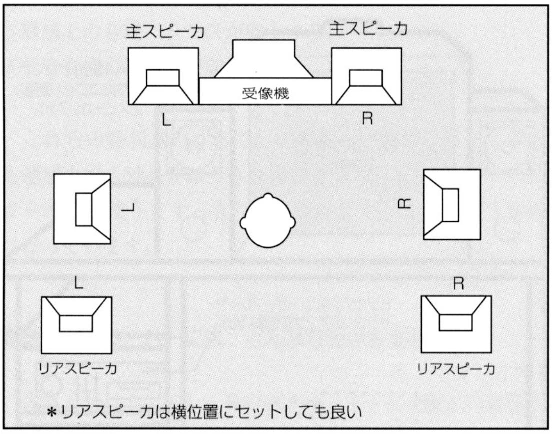


第１図AV対応リパルジョン形磁気回路の構造

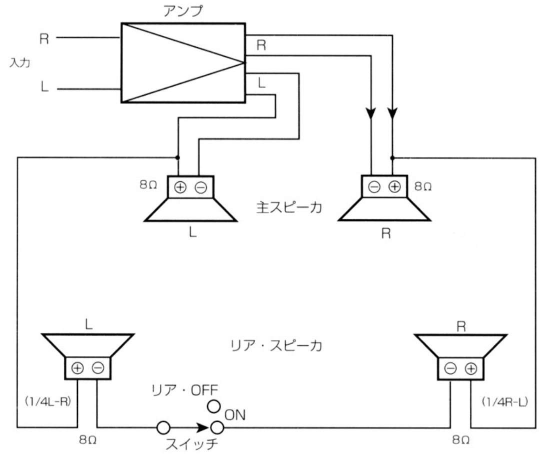
●ナチュラルなAVは、適切な音像定位から

音と映像が一体となった、リアリティーの高いAVサウンドづくりを目指すには、音像の定位がカラー受像機の画面の中にぴたりと決まる必要があります。定位が画面からずれていたり、画面より広がりすぎてはみ出していては不自然で違和感が強く、長時間続けて楽しむことなどはとてもできません。

広々とした部屋に巨大スクリーンを置いて、画面から十分距離をおいて見られるような夢のAVルームは別として、極く一般的な家庭内の部屋で、数人の人達がそろって良好な画面内音像定位で聴けるようにするには、スピーカを極力受像機に接近させるのが有効であり、磁気漏れの少ないAV対応スピーカであることが必要になります。



第2図スピーカの配置



第3図スピーカ・マトリックスの結線

●最も簡単なサラウンドはスピーカ・マトリックス

AV対応フルレンジユニットを使って小型でスリムなスピーカを作ったら、カラー受像機にぴったりと寄せてセットします。スピーカが受像機より高くならないようにするのも、画面内定位を良くするコツのひとつです。

別にリア用の小型スピーカを2台用意し、第2図のようにやや後方か側方に置きます。高さは前方の主スピーカより高い方がよく、壁掛に出来れば理想的です。リア用のスピーカはAV対応型の必要はなく、普通の小型フルレンジユニットを使ったもので結構です。前方のスピーカより感度の高いものが、サラウンド効果をよりはっきり現してくれます。

接続は第3図のように、前方L側スピーカの＋側からリアのL側＋へ、前方R側スピーカの＋側からリアのR側の＋へ、線を一本つなぎます。そしてリアスピーカの－側同志を線でつなげばそれで出来上がり。余分なアンプのエフェクターは要りません。リアの－側にスイッチを入れて置けば、リアスピーカだけをON－OFFすることもできます。

スピーカ・マトリックス方式では、音源（ソフト）左・右信号の位相差（主に残響成分）をリア・スピーカから出すもので、簡単な接続ながら割合効果の高い音場再生が可能です。映画ソフトのドルビーサラウンド音声でも、かなり良好なサラウンド効果が得られます。

お使いになるアンプの出力回路がバランス型であると、スピーカ・マトリックス方式では差信号成分が取り出せませんので、音場再生には不可能です。ご使用になるアンプのカタログや取扱説明書をよくご確認ください。

●映画ソフトならば、ドルビー再生がベスト

ビデオディスクなどには、音声がドルビーサラウンドになっている映画ソフトもたくさんあります。感動の音楽映画の興奮、手に汗を握る劇映画の迫力を十分に再生するには専用のドルビープロセッサー内蔵アンプが要りますが、スピーカの使い方も重要です。（第4図）

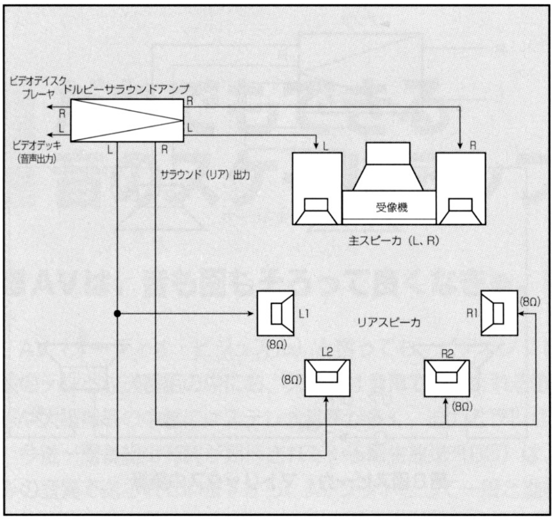
スピーカの使い方のポイントは次の通りです。

①前方の主スピーカは、受像機にぴたりと寄せてセットする。（前項と同様に）
②リアスピーカは最低2台、できれば4台ほしい。
③リアの置き方は、真後ろに2台、見る位置のやや前方の左右に1台ずつセットする。
④リアの高さは、スピーカ・マトリックス場合より高めが良い。壁掛けができれば最良。
⑤投写型等で画面サイズが大きい場合は、センタースピーカ（L＋R）をスクリーンの下に設置する。

リア用のスピーカは、AV対応タイプの必要はありません。特性のナチュラルな小型スピーカであればよく、お手持ちのものを適当に利用してみてください。

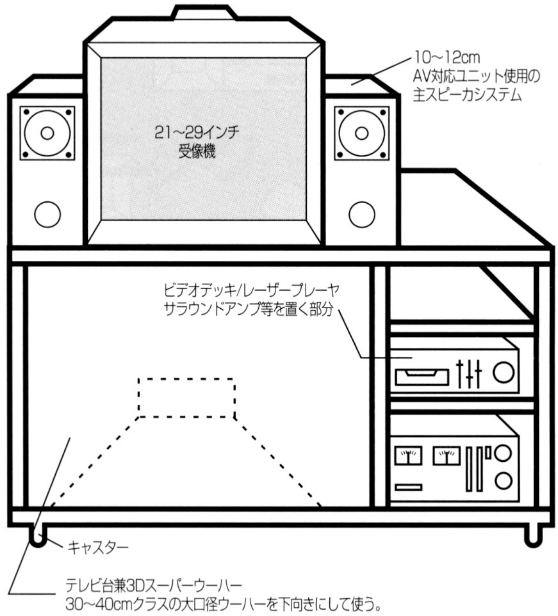
これに加えて、3Dスーパーウーハーを付ければ、どんな大迫力サウンドな映画でも、ます完全に再生できるでしょう。居ながらにして、家族そろってシアター気分を満喫することが可能です。3Dスーパーウーハーは、部屋の隅などにデッドスペースを利用して置けばよく、テレビ受像の台になるように製作することもできるでしょう。（第5図）

第4図ドルビーサラウンドの接続



＊リアスピーカを片ch2以上使用する場合、各々を並列接続とするか又は直列にしなければならないかは、使用するサラウンドアンプによって異なります。ご使用になるアンプの指示に従って下さい。

第5図3Dスーパーウーハー使用のセッティング例



■スーパーウーハーは、デジタル時代の音楽を支える、確かな柱だ

ジャンルを問わずすべての音楽を支え、力強いファンダメンタルとなるのが低音部です。CDやBSのBモードステレオ放送等、音楽ソフトのデジタル化が進んで、低音再生の重要さは一段と明確になりました。デジタル時代の優れた音楽ソフトには、楽器の最低音域までハイレベルで記録されているものが数多くあります。それをそっくり再生すれば、音楽のプレゼンスとリアリティーは格段に向上し、まさにライブの域に接近することになるでしょう。

80Hz以下に基音を持っている楽器は、主要なものだけでも10種類あります。大型のパイプオルガンの中には8Hzが出るものも存在し、そのダイナミックレンジは80dBを軽く超えます。壮大な32ft.管パイプオルガンのペダル音（16Hz）や、大地をゆるがすカノン砲の響きも、今はCDのソフトとしてだれでも手に入ります。スーパーウーハーはそんなソフトも楽にこなし、リアルな音として身近に再現できる可能性を秘めているのです。

現用のスピーカシステムを目覚ましくグレードアップするにも、小型システムの低音域を広げたい時も、ミニスピーカに量感のある低音をプラスしたい場合も、スーパーウーハーはたやすくその目的を達成させてくれます。それも3D方式でやれば大きなウーハーは1本で済み、スペースも費用も大幅にセーブできることになります。

帯域を伸ばすのか、量感を高めたいのか、それぞれの目的と使用機器のレベルに合わせたスーパーウーハーを使うようにすれば、誰にも間違いなく良好な低音再生ができるのです。

●スーパーウーハーの利点

グラフィックイコライザーやアンプのトーンコントロールで低音域だけを持ちあげても、低音の増強にはなるでしょう。しかしスピーカからすれば、それは低音域を歪みも共に量を増やしただけで、質的にはむしろ低下してしまっていると言えます。スーパーウーハーを利用した場合は、帯域と量の拡張と質的な向上の、両方でメリットが出て来るのです。

その利点を整理してみると、次のようになります。

①低音域の拡張（再生帯域が低い方に広がる）と共に、量感の増加も計れる。
②ダイナミックレンジの拡大ができる。
③混変調歪み、高調波歪みの減少。
④主スピーカへの平均入力を減らすことが可能になり、ア

ンプの負担も減る。(全体域で歪み減少)
⑤聴感上の音域バランスが向上する。
⑥低音音像の明確さが向上する。

これらの諸利点のうちで、③の歪みの低減は測定上からも聴感上でも効果がはっきり現れるポイントで、「スーパーウーハーを使うとすっきりした音になる」と言われる原因になっています。

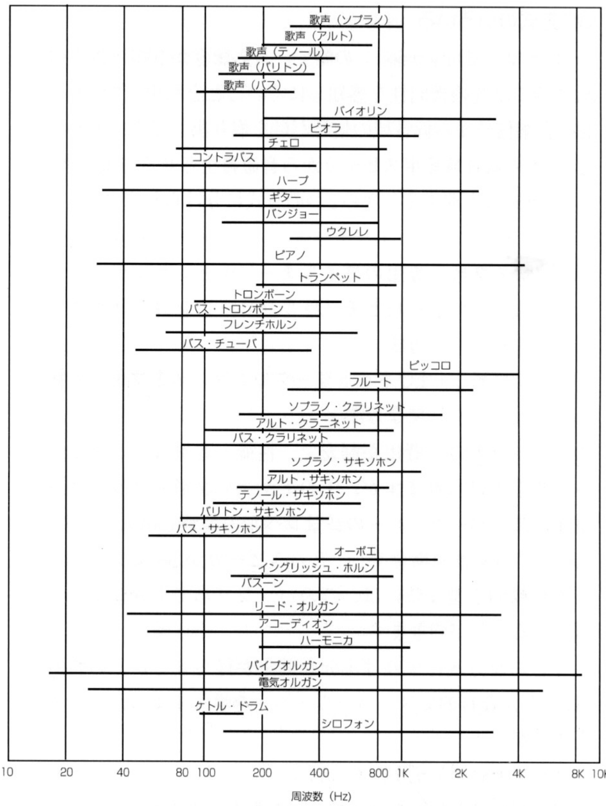
●スーパーウーハーには、どんな方式があるか

大きく分けると、L・Rの各チャンネルに1個ずつ付加するプラスウーハー方式と、L・Rをまとめて1チャンネルにして、それに1個だけ付加する3D方式の、二種類になります。更にそれぞれを細かく分けると、第2表のようになります。

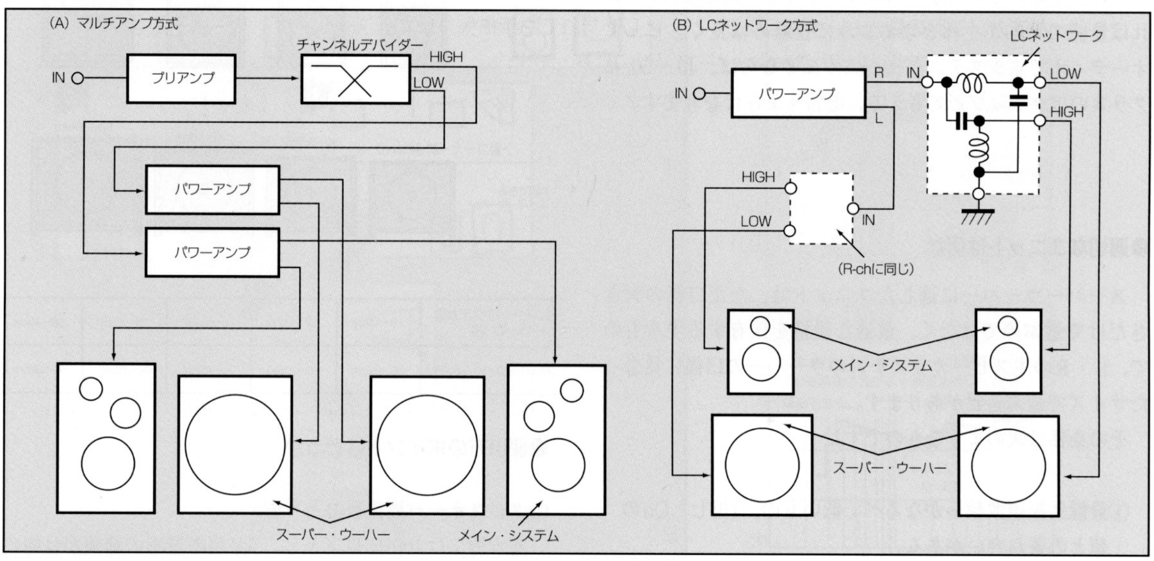
プラスウーハー方式の利点は、
①最低音域までL・R2チャンネルに分かれていて、音像の定位と締まりがよい。
②スーパーウーハーが2本あるので、量感は高い。
と言うことになりますが、反面、①コストアップが大きい。②スペースを大きく喰われる。などのディメリットもあります。

3D方式には、
①場所を喰い、費用もかかるウーハーシステムが1個で済む。
②置く場所の自由度が大きい。

第1表歌声と楽器の基音の周波数帯域（オルソンより）



などのメリットに対して、①低音音像の定位と締まりは少し落ちる。②アクティブ形の場合、市販されているチャンネルデバイダーで3D出力のある機種が少ない。などの欠点もあります。



第6図プラスウーハー方式

3D方式のいろいろ

3Dとは「3Dimension」の略で、人の聴覚が100Hz以下の低音域では音の指向性を感知しにくいことを利用して、L・Rの音楽信号から低音域の信号だけを取り出してモノラル化し、1本の低音域専用スピーカから音を再生させる方式です。

3D方式は大別すると次の2つの方式に分けられます。

①アクティブ形：専用のフィルター（チャンネルデバイダー）とモノラルパワーアンプを使用する方法。

②パッシブ形：LCネットワークやトランスを使用する簡便な方法。

のパッシブ形は、費用が割安で、性能・音質もそこそこのレベル迄上げられますが、①のアクティブ形の性能には及ばず、スーパーウーハーの音量レベルの調整も出来ません。しかし、AV用の場合やL・Rのスピーカが20cmクラス以下の比較的小型な時には、このパッシブ形で十分効果を発揮させることができます。

「どんな方式にすれば十分な効果が得られるか」の判断は、「どんな目的でスーパーウーハーを導入するのか」で考えますが、

①ピュアオーディオか、AVか。
②どの程度のトータルクオリティーを求めるのか。
③L・Rの主スピーカシステムのサイズはどうか。
④セッティングスペースはどのくらいあるのか。
⑤費用の予算はどうか。

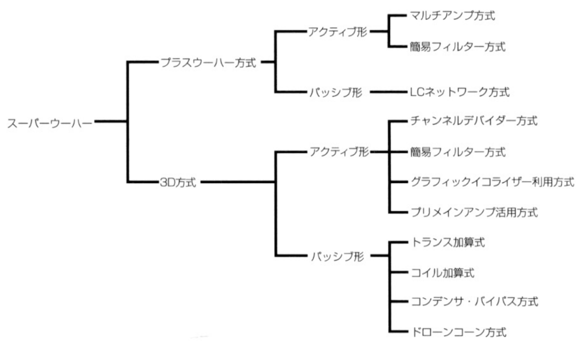
などの点を総合して判断せねばなりません。例えばAVであれば量感の増加が主体となるように仕組めば良く、ピュアオーディオで主システムが30cm3ウェイならば、40～50cmクラスのアクティブ形で考える、と言うようになります。

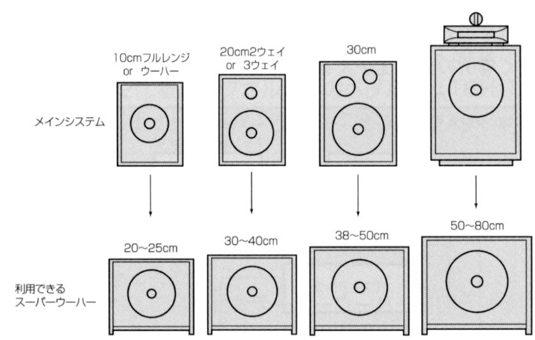
●適切なユニットは何か

スーパーウーハーに適したユニットは、ただ口径の大きさだけで選ぶのではなく、最適な規格を保有するするもので、L・Rの主スピーカシステムのウーハーの口径に見合ったサイズで選ぶ必要があります。

その条件は次のようなものです。

①最低共振周波数foがなるべく低いもの。（但し、Qoの値との兼ね合いがある。）
②振動系実効質量Moが適当に大きいこと。（エンクロージャ設計上で重要。）
③L・Rの主スピーカより能率の高いもの。（高能率型ウーハーと言うことではない。）
④ハイコンプライアンスで、コーンのストロークが十分とれるもの。
⑤振動板（コーン）の剛性が高いもの。（大口径なにるほど重要）
⑥L・Rの主システムのウーハーより1～2ランク上の口径のものを使う。第7図と第3表を参照してください。





主スピーカシステムのウーハーの口径	8~10cm	12~16cm	18~22cm	25~30cm	38~40cm
スーパーウーハーの口径	16~22cm	20~25cm	30~40cm	38~50cm	50~80cm

●使い方のポイントはどうか

(1)クロスオーバ周波数のとり方

基本的には100Hz以下とし、AV用や量感の補強が目的の

場合は80～100Hz、帯域を極力下まで伸ばすためであれば40～70Hzの範囲で、スピーカのサイズと兼ね合いで選定します。

スーパーウーハーのハイカットは12dB/oct.以上とし、特に大口径ウーハー使用のアクティブ形の場合は18dB/oct.以上が望ましくなります。

(2)セッティングの方法

プラスウーハー方式の場合は、基本は聴く位置より前方で、L・Rに振り分けて、

○主スピーカの下
○　〃　の左右
○部屋のコーナー

などにセットします。

3D方式の場合は自由度が広く、

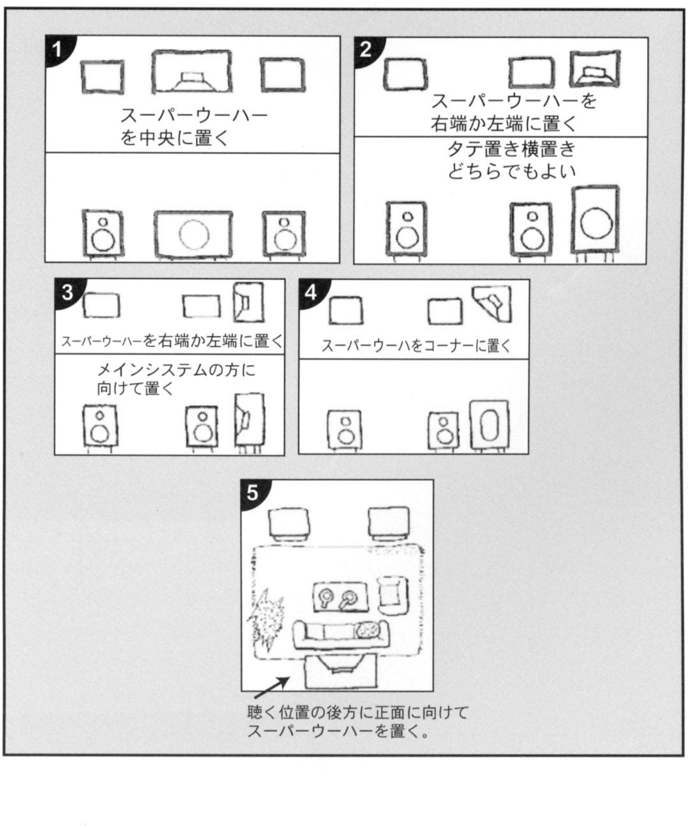
○部屋のコーナー（前後左右のどちらでも）
○主スピーカの中間
○部屋の左右どちらかの壁際
○聴く位置のすぐ後方
○　〃　のま横

など、部屋の中のデッドスペースを利用するようなつもりで、あちこちに置いて使うことが可能です。スーパーウーハーは置き方で最低音域の伸びが変化しますので、いずれの方式においても床に直接置くことを基本に、壁際、四隅（コーナー）などを最適場所として考えて下さい。

(3)スーパーウーハーのレベルバランス

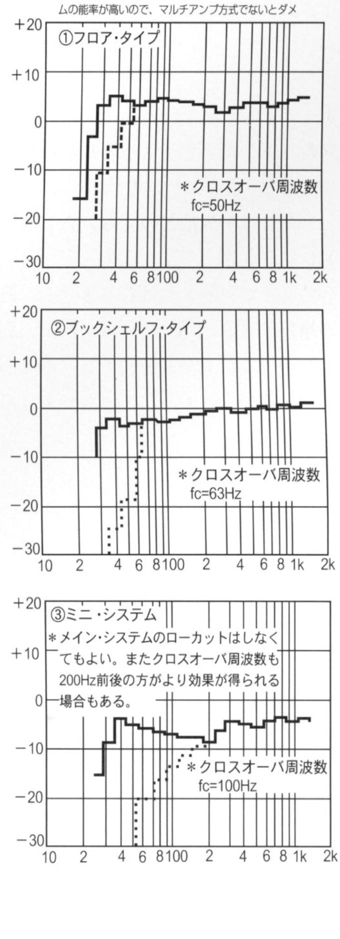
基本的には、主スピーカシステムと聴感上のフラットバランスとなればよいのですが、常時聴いている音量レベルが低めであれば、ある程度ラウドネスカーブの補正を見込んで、レベルを上げてやる必要もあります。

無闇にレベルを上げても、本来の音楽が持っている基本的なスペクトル・バランスを不自然にするだけです。また、CDやレコードに最低音部が入っていなければ、いくらレベルを上げても出ては来ません。スーパーウーハーを加える以前は出にくかった楽音が、ある程度聞こえるくらいの所がちょうど良いレベルとも言えます。



第9図　スーパーウーハーの効果

＊クロスオーバ周波数は、十分低くできる。メイン・システムの能率が高いので、マルチアンプ方式でないとダメ



CHB1

4 995090 201207

発行：フォステクス　カンパニー　　**定価　￥600（税込￥630）**

発行日：2006年4月1日12版　企画制作：クラフトエンタープライズ（有）　Printed in Japan